

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно фізичний факультет

Ливарне виробництво чорних і кольорових металів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»

спеціальності 136 «Металургія»

**на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевих
виливка «Перехідник» за моделями, що витоплюються, планування та
організація роботи модельного відділення ливарного цеху»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) III курсу, групи ФЛ-п71

Омельяненко Юлія Юріївна _____

Керівник:

асистент

Лук'яненко Іван Віталійович _____

Консультант з назва розділу:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

				ФЛп71.7101.1110.0000		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Омельяненко Ю.Ю				1	1
Керівн.	Лук'яненко І.В				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЛВЧКМ Гр. ФЛ-п71	
Консульт.						
Н/контр.	Федоров Г. Є					
Зав.каф.	Ямшинський М.М					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно фізичний факультет

Ливарне виробництво чорних і кольорових металів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Омельяненко Юлії Юріївни

1. Тема проєкту «Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевих виливків «Перехідник» за моделями, що витоплюються, планування та організація роботи модельного відділення ливарного цеху», керівник проєкту Лук'яненко Іван Віталійович, асистент кафедри ЛВЧКМ, затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1201-е
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: 3.1 Матеріали переддипломної Виробничої практики. 3.2 Література за темою дипломного проєкту. 3.3 Номенклатура виливків ливарного цеху. 3.4 Потужність ливарного цеху 145 тонн придатних виливків на рік.
4. Зміст пояснювальної записки 4.1 Вступ 4.2 Аналіз виробничої програми 4.3 Структура цеху 4.4 Режим роботи та фонди часу 4.5 Розрахунок модельного відділення 4.6 Технологія виробництва 4.7 Проектування

ливарного устаткування 4.8 Організаційно - економічна частина проекту
4.9 Охорона праці 4.10 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 5.1 Планування модельного відділення
5.2 Технологія виготовлення виливка «Перехідник» 5.3 Пресформа для виготовлення моделі 5.4 Контейнер у складеному вигляді 5.5 Порівняльні техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.т.н.ст. викладач Нараєвський С.В		
Охорона праці	к.т.н. доцент Демчук Г.В		
Нормоконтроль	к.т.н. доцент Федоров Г.Є		

7. Дата видачі завдання _____ 15.04.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми	26.04.2020	
2	Режим роботи цеху та фонди часу роботи устаткування і робітників	03.05.2020	
3	Проектування модельного відділення	10.05.2020	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	17.05.2020	
5	Проектування ливарного устаткування	24.05.2020	
6	Організаційно – економічна частина	31.05.2020	
7	Охорона праці	08.06.2020	
8	Рецензування проекту	12.06.2020	
9	Захист	17.06.2020	

Студент

Омельяненко Юлія Юріївна

Керівник

Лук'яненко Іван Віталійович

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Розроблення технологічного процесу
виготовлення сталевих виливків «Перехідник» за
моделями, що витоплюються, планування та організація
роботи модельного відділення ливарного цеху»**

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: стор., рис., табл., посилань.

В проекті розробляється плавильне відділення ливарного цеху потужності 145 тонн придатних виливків за рік із сталі марки 10X18H9Л.

Розробляється технологічний процес виготовлення виливка «Перехідник» із сталі 10X18H9Л (ГОСТ 977-88) масою 0,412 кг литтям за моделями, що витоплюється.

Результати проектування – розроблена технологія, виконано технічне планування плавильного відділення та ливарного устаткування. При проектуванні підприємства необхідно забезпечити його високий технічний рівень та економічну ефективність, максимально використовуючи досягнення науки і техніки. При проектуванні даного відділення орієнтувалися на правила та рекомендації щодо проектування і будування, користувалися каталогами типових проектів, чинними нормативами та керівними нормативними документами з ливарного виробництва.

У дипломному проекті також проведено основні розрахунки організаційно-економічних чинників, а також приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічних умов робочого місця.

МОДЕЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, ПЕРЕХІДНИК, ПРЕС-ФОРМА, КОНТЕЙНЕР У СКЛАДЕНОМУ ВИГЛЯДІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко					Літера	Аркуш
Перевір	Лук'яненко					у	Аркушів
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71	
Затвердив							

ABSTRACT

Diploma project consists of: pages, drawings, tables, links.

The project is designed by the melting department of the casting shop of power 145 tons of suitable castings per year from steel grades 10H18N9L.

The technological process of manufacturing castings "Adapter" made of steel 10H18N9L (GOST 977-88) with a mass of 0.412 kg casting according to the models is being developed.

Results of designing - developed technology, made technical planning of the smelting department and foundry equipment. When designing an enterprise it is necessary to ensure its high technical level and economic efficiency, using as much as possible achievement of science and technology. When designing this department focused on the rules and recommendations for design and construction, used directories of standard projects, current standards and guiding normative documents on foundry production.

The diploma project also carried out basic calculations of organizational and economic factors, as well as attention to the protection of the environment and the improvement of sanitary and hygiene conditions of the workplace.

MODEL DEPARTMENT, ADAPTER, PRESS-FORM, CONTAINER IN A SITUATED VIEW, TECHNICAL-ECONOMIC INDICATORS

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко						
Перевір	Лук`яненко						
Н. Контр.							
Затвердив					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	
2 СТРУКТУРА ЦЕХУ.....	
3 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ.....	
4 РОЗРАХУНОК МОДЕЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	
4.1 Обладнання для приготування модельної суміші.....	
4.2. Устаткування для виготовлення моделей.....	
4.3. Столи збірки.....	
5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	
5.1 Загальна характеристика литої деталі.....	
5.2 Вибір сплаву та його характеристики.....	
5.3 Сутність процесу лиття за моделями, що витоплюються.....	
5.4 Вибір модельного складу.....	
5.5 Вибір матеріалів вогнетривкої оболонки.....	
5.6 Розрахунок припусків на механічну обробку	
5.7 Розрахунок ливникової системи.....	
5.8 Розрахунок розмірів моделі та пресформи.....	
5.9 Шихтові матеріали та їх підготовка	
5.10 Вибір плавильного агрегату	
5.11 Вибір технологій вибивання форм і фінішних операцій	
5.12 Відокремлення елементів ливникової системи від виливків	
5.13 Контроль виливків. Основні дефекти.....	
6 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКОВАННЯ	
7 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ	
7.1 Визначення капітальних вкладень у проект відділенні для виготовлення моделей	

					ФЛп71.7101.1110.0000			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Розроб		Омельяненко			<div>Літера</div> <div>Аркуш</div> <div>Аркушів</div> <div>у</div> <div>КПІ ім. Ігоря Сікорського</div> <div>ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71</div>			
Перевір		Лук`яненко						
Н. Контр.								
Затвердив								

- 7.2Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату
- 7.3 Визначення загально виробничих витрат дільниці
- 7.4 Розроблення планової калькуляції собівартості продукції
- 7.5 Розрахунок продуктивності праці на дільниці
- 7.6 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

- 8.1 Загальна характеристика умов праці на відділенні
- 8.2 Ключові небезпечні та шкідливі фактори
- 8.3 Механічна безпека
- 8.4 Вібрація та шум
- 8.5 Електробезпека
- 8.6 Хімічні джерела небезпеки

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво – процес виготовлення деталей з розплаву металів або інших матеріалів, які заливаються в порожнсту форму з обрисом порожнини, що відповідає формі деталі. Форми можуть бути разовими і постійними. Разові форми виготовляють з формувальних сумішей, вони придатні тільки для одного заливання, після чого їх руйнують, щоб вилучити виливок; постійні – виготовляють з металу, вони придатні для виготовлення великої кількості виливків з однієї форми.

Литтям виготовляють виливки різної конфігурації, розмірів і маси, вони можуть бути як готовими виробами, так і заготовками. Тільки методами лиття можливо отримати складні за конфігурацією і геометрією заготовки із чорних та кольорових сплавів з високим (75-98 %) коефіцієнтом використання металу. В 1985-90 р.р. ливарники України займали перше місце у світі по литтю металу на душу населення, виробляючи до 6-6,5 млн т виливків на рік.[1]

Основне завдання, що стоїть перед ливарним виробництвом в наші часи, полягає в істотному підвищенні якості виливків яке полягає в зменшенні товщини стінок, зниженні припусків на механічну обробку і на ливникові системи при збереженні належних експлуатаційних властивостей виробів.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко						
Перевір	Лук`яненко						
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71		
Н. Контр.							
Затвердив							

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Виробнича програма є основним документом для розрахунку та проектування будь-якого з технологічних відділень ливарного цеху.

Виробничу програму розраховують виходячи з даних номенклатури виливків у цеху лиття за моделями що витоплюються. На основі кількості виливків, які необхідні на один виріб розраховують вагу ливниково-живильної системи (ЛЖС) на один виливок, вагу виливка, відсоток браку, кількість моделей та ланок у блоці.

Заданий цех сталевого литва моторобудівного заводу з потужністю у 145 тон придатного литва на рік.

Номенклатура виробничої програми наведена у таблиці 1.1

Дані з таблиці 1.1 використовуємо для розрахунку річної кількості виливків кожного найменування. Виходячі з розрахунків складаємо точну виробничу програму ливарного цеху (табл. 1.2).

Кількість виробів, що має виготовляти цех згідно до річної програми:

$$N = \frac{\sum N}{m}, \quad (1.1)$$

де N – кількість виливків за рік, шт;

$\sum N$ – потужність ливарного цеху, т/рік;

m – маса виливків на 1 виріб, $m=31,86\text{кг}=0,031\text{т}$;

Підставивши дані у формулу 1.1 матимемо:

$$N = \frac{145}{0,031} = 4583 \text{ од.}$$

					ФЛп71.7101.1110.0000				
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					
Розроб		Омельяненко			<div>Літера</div> <div>Аркуш</div> <div>Аркушів</div> <div>у</div> <div>КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71</div>				
Перевір		Лук`яненко							
Н. Контр.									
Затвердив									

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменування виробів та виливків	Марка сплаву	Маса виливка кг	Кількість виливків на 1 виріб кг	Маса виливків на 1 виріб	Режим ТО
1	ФЛп711	Гайка зажимна	10X18H9Л	0,1	10	1	Гартування 1050 - 1100 °С
2	ФЛп712	Пластина опорна	10X18H9Л	0,08	5	0,4	
3	ФЛп713	Стакан лабиринта	10X18H9Л	0,99	2	1,98	
4	ФЛп714	Кронштейн вертикального вибротанчика	10X18H9Л	0,24	3	0,72	
5	ФЛп715	Корпус клапана	10X18H9Л	0,25	10	2,5	
6	ФЛп716	Кольцо форсуночное	10X18H9Л	0,7	4	2,8	
7	ФЛп717	Клапан	10X18H9Л	0,1	10	1	
8	ФЛп718	Штуцер	10X18H9Л	0,042	3	0,126	
9	ФЛп719	Корпус клапана	10X18H9Л	0,393	4	1,572	
10	ФЛп7110	Штуцер	10X18H9Л	0,06	10	0,6	
11	ФЛп7111	Клапан	10X18H9Л	0,1	2	0,2	
12	ФЛп7112	Кольцо форсуночное	10X18H9Л	0,732	3	2,196	
13	ФЛп7113	Корпус клапана	10X18H9Л	0,23	5	1,15	
14	ФЛп7114	Втулка разборная	10X18H9Л	0,158	5	0,79	
15	ФЛп7115	Ось проміжної шестерні	10X18H9Л	0,94	6	5,64	
16	ФЛп7116	Заглушка	10X18H9Л	0,432	2	0,864	
17	ФЛп7117	Обойми підшибників	10X18H9Л	0,61	8	4,88	
18	ФЛп7118	Ніппель	10X18H9Л	0,085	10	0,85	
19	ФЛп7119	Перехідник	10X18H9Л	0,198	10	1,98	
20	ФЛп7120	Кожух солеменда	10X18H9Л	0,078	5	0,39	
						31,86	

Тобто, якщо цех буде виготовляти 4583 одиниці продукції за рік, це буде відповідати та задовольняти програмі у 145 тон придатного литва на рік.

10% від маси виробничої програми приймаємо за власні потреби цеху, а саме 14,5 тон.

					ФЛп71.7107.1110.0000		Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата			

Таблиця 1.2 – Точна виробнича програма ливарного цеху

№	Найменування деталі	Матеріал і марка	Маса готової деталі	Маса виливка	Кількість виливків на виріб шт	Маса виливків на виріб кг	Річна програма випуску виливків						
							на основні вироби		на запасні частини			всього	
							шт	т	%	шт	т	шт	т
1	Гайка зажимна	10Х18Н9Л	0,09	0,1	10	1	41247	4,12	10	4583	0,46	45830	4,58
2	Пластина опорна		0,072	0,08	5	0,4	20624	1,65	10	2292	0,18	22915	1,83
3	Стакан лабиринта		0,891	0,99	2	1,98	8249	8,17	10	917	0,91	9166	9,07
4	Кронштейн вертикального вибротанчика		0,216	0,24	3	0,72	12374	2,97	10	1375	0,33	13749	3,30
5	Корпус клапана		0,225	0,25	10	2,5	41247	10,31	10	4583	1,15	45830	11,46
6	Кольцо форсуночное		0,63	0,7	4	2,8	16499	11,55	10	1833	1,28	18332	12,83
7	Клапан		0,09	0,1	10	1	41247	4,12	10	4583	0,46	45830	4,58
8	Штуцер		0,0378	0,042	3	0,126	12374	0,52	10	1375	0,06	13749	0,58
9	Корпус клапана		0,3537	0,393	4	1,572	16499	6,48	10	1833	0,72	18332	7,20
10	Штуцер		0,054	0,06	10	0,6	41247	2,47	10	4583	0,27	45830	2,75
11	Клапан		0,09	0,1	2	0,2	8249	0,82	10	917	0,09	9166	0,92
12	Кольцо форсуночное		0,6588	0,732	3	2,196	12374	9,06	10	1375	1,01	13749	10,06
13	Корпус клапана		0,207	0,23	5	1,15	20624	4,74	10	2292	0,53	22915	5,27
14	Втулка разборная		0,1422	0,158	5	0,79	20624	3,26	10	229	0,36	22915	3,62
15	Ось проміжної шестерні		0,846	0,94	6	5,64	24748	23,26	10	2750	2,58	27498	25,85
16	Заглушка		0,3888	0,432	2	0,864	8249	3,56	10	917	0,40	9166	3,96
17	Обойми підшибників		0,549	0,61	8	4,88	32998	20,13	10	3666	2,24	36664	22,37
18	Ніпель		0,0765	0,085	10	0,85	41247	3,51	10	4583	0,39	45830	3,90
19	Перехідник		0,1782	0,198	10	1,98	41247	8,17	10	4583	0,91	45830	9,07
20	Кожух солеменда		0,0702	0,078	5	0,39	20624	1,61	10	2292	0,18	22915	1,79
						31,638							145,00

Аркуш

ФЛП71.7107.1110.0000

Изм. Аркуш № докум Підпис Дата

2 СТРУКТУРА ЛИВАНОВОГО ЦЕХУ

Для досягнення раціонального розподілу робочого простору та зручності пересування в умовах цеху, використовуємо схему компонування відділень яка наведена на рисунку 2.1. Ширина будівлі до 96 метрів. Саме така компоновка є найкращою для сучасного ливарного цеху лиття за моделями що витоплюються з оптимальним транспортним сполученням.

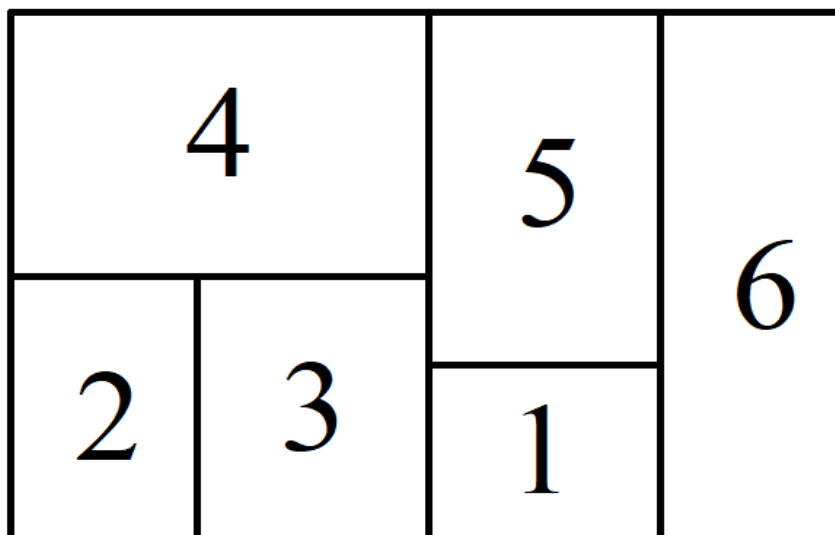


Рисунок 2.1 – Схема компонування ливарного цеху

- 1 – склад шихтових та формувальних матеріалів;
- 2 – стрижневе відділення;
- 3 – модельне відділення;
- 4 – відділення нанесення вогнетривкого покриття;
- 5 – прокалювально-заливально-вибивальне відділення;
- 6 – відділення фінішних операцій з дільницею термообробки.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко					Літера	Аркуш
Перевір	Лук'яненко					у	Аркушів
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71	
Затвердив							

3 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху потужністю 145 тон придатного литва на рік залежить від режиму виконання визначених технологічних процесів, а також організації виробничого процесу.

Фактори які обумовлюють вибір режиму роботи:

- маса вилівка;
- потужність цеху;
- серійність виробництва;
- технологічна складність лиття;
- роду металу;
- типу плавильних агрегатів;

Для виготовлення вилівка «Перехідник» доцільно буде застосовувати на ділянці паралельний двозмінний режим роботи.

Відповідно до встановленого режиму роботи в ливарних цехах встановлюються фонди часу роботи обладнання, робочих місць без устаткування і самих робітників. При визначенні фондів часу виходять з законоположення про робочі і вихідні дні і тривалості робочого дня[2].

Розрізняють календарний, номінальний і дійсний фонди часу: календарний фонд часу дорівнює кількості календарних днів у році;

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб		Омельяненко					
Перевір		Лук`яненко					
Н. Контр.							
Затвердив							
					Літера	Аркуш	Аркушів
					у		
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71		

Дійсний річний фонд часу дорівнює номінальному за вирахуванням планових втрат.

Планові втрати для устаткування - це час на проведення капітальних, середніх і планово-попереджувальних ремонтів. Планові втрати часу для робітників пов'язані з профспілковими відпустками, відпустками по навчанню, хворобам, скороченим робочим днем підлітків від 16 до 18 років і виконанням державних обов'язків. Потрібна кількість обладнання визначається по дійсному фонду часу.

Визначаємо календарний фонд часу роботи устаткування та робітників згідно формулі:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (3.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів у році, $P=365$ днів;

D – кількість годин у добі, $D=24$ год;

Підставивши дані у формулу матимемо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}$$

Номінальний фонд часу – це час, протягом якого виконується робота за прийнятим режимом, але без урахування планових та непередбачуваних втрат часу. Номінальний фонд часу розраховується за формулою:

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (3.2)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин в залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин;

З урахуваннями святкових та вихідний днів рік має 250 робочих днів.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

При однозмінному (8ми годинному) режимі роботи номінальний фонд часу розраховуємо за формулою 3.2.:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

При двозмінному режимі роботи за формулою 3.2 матимемо:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу визначаємо за формулою 3.3:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - В, \quad (3.3)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу, год;

$В$ – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені витрати;

За умови сорока годинного робочого тижня і 28-денної відпустки дійсний фонд часу для робітників становить:

$$\Phi_{\text{д}} = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год.}$$

Дані щодо режиму роботи цеху та фондів часу наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Режим роботи цеху та фонди часу

№.	Найменування дільниці, відділення; тип установки	Кількість робочих змін за добу	Дійсний фонд часу роботи, год	
			устаткування	робітника
1	Стрижневе	2	3680	1840
2	Нанесення вогнетривкого покриття	2	3680	1840
2	Модельне	2	3680	1840
3	Плавильне	2	3720	1840
4	Відділення фінішних операцій з дільницею термообробки	2	3680	1840
		3	5520	1840

4 РОЗРАХУНОК МОДЕЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

Проаналізувавши виробничу програму за критеріями такими, як: маса виливків, вимоги до структури та властивостей литого металу, серійність виробництва, автоматизація та економія матеріальних, трудових та енергетичних затрат при мінімальному забрудненні навколишнього середовища, можна сказати наступне. З усіх відомих способів лиття для виконання річної кількості деталей найбільш доцільно використати спосіб лиття за моделями, що витоплюються.

Для розрахунку мною обрано відділення для виготовлення моделей.

Моделльне відділення є одним з головних в цеху, бо виробництво моделей лежить у основі технологічного процесу виготовлення виливка.

На дільниці виготовляють моделі виливків та моделі ливникової системи. Так як модель повинна повністю відтворювати конфігурацію майбутньої виливки то її виготовляють тільки зі свіжих матеріалів, а у виготовленні ливникових систем допускається використання відпрацьованої модельної маси. Потім за допомогою гарячих ножів різної конфігурації моделі збирають у блоки методом припайки. Завдяки цьому ми отримуємо блок по якому в подальшому буде виготовлена нероз'ємна керамічна ливарна форма. Тому цей процес повинен бути дуже відповідальним та точним.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко					Літера	Аркуш
Перевір	Лук'яненко					у	Аркушів
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71	
Затвердив							

Для розрахунку обладнання на дільниці потрібно визначити річну кількість модельної композиції:

$$M_c = a \cdot v \cdot c \cdot Q_p \cdot \gamma_{mc} / \gamma_c, \text{ кг} \quad (4.1)$$

Де a – коефіцієнт, що враховує втрати суміші $a=1,05$

Q_p – рідкий метал (річна потреба у рідкому металі наведена у таблиці 4.1)

γ_c – густина сплаву $\gamma_c=7,82 \text{ г/см}^3$

γ_{mc} – густина модельної композиції $(0,8 \dots 1,5 \text{ г/см}^3)$

v – коефіцієнт, що враховує брак і поломку моделей; $v=1,1$

c – коефіцієнт запасу; $c=1,2$

Таблиця 4.1– Розрахунок кількості рідкого металу

Індекс дільниці	Груповий потік або дільниця	Придатне литво		Ливники, зливи, браковані виливки		Рідкий метал		Угар та безповоротн і витрати		Металозавалка	
		%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	до 5 кг	47	145	47	145	94	290	6	18,5	100	308,5

Підставивши значення у формулу отримаємо

$$M_c = 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 290000 \cdot 0,8 / 7,82 = 41120 \text{ кг}$$

Умовно приймаємо 42000 кг

На модельній дільниці повинні бути встановлені та налагодженні наступні механізми:

- 1) установка для приготування модельної композиції
- 2) преса для виготовлення моделей;
- 3) столи збірки;
- 4) бак з парафіном;
- 5) під'ємно-транспортні засоби.
- 6) допоміжне обладнання

					ФЛП71.7107.1110.0000						Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата							

4.1 Обладнання для приготування модельної суміші

Для того щоб обрати установку для приготування модельної композиції ми повинні дізнатися продуктивність яка задовільнить потреби відділення

$$q = \frac{M_c}{\Phi_d}, \quad (4.2)$$

Де, q – продуктивність установки, л/год

M_c – річна потреба в модельній суміші, л; $M_c=52500$ л

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, год

Підставивши значення у формулу 4.2 отримаємо:

$$q = \frac{52500}{3680} = 15 \text{ л/год}$$

Для задовільнення потреб цеху установка для виготовлення модельної композиції повина мати продуктивність не менш ніж 15 л/год. Для виконання даної умови обираємо установку для приготування модельної композиції мод.651.

Установка для приготування модельної маси моделі 651 (рис 4.1) призначена для розігріву та розплавлення модельної суміші та передачі її по мазепроводу до пресів. Технічні характеристики установки наведено у таблиці 4.2

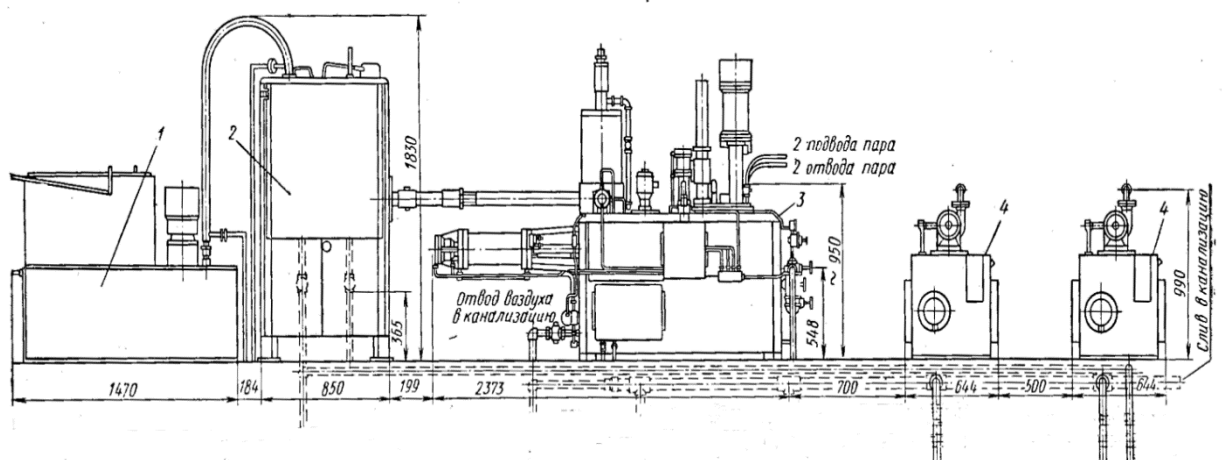


Рисунок 4.1 – Схема установки моделі 651.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Подпис	Дата		

1. Плавильний бак
2. Ємкісний бак
3. Мазеприготувальний агрегат з шестерною мішалкою
4. Насосно-нагрівальна станція

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика машини для приготування модельного складу мод.651

Найменування	Одиниця виміру	Чисельне значення
Працездатність, не менш (регулюється)	л/год	30
Час перемішування суміші в мішалці	хв	18-20
Місткість робочого простору бака	л	170
Працездатність шестеренчатої мішалки мазеприготувального агрегату, найбільша	л/год	125
Кількість мазеприготувальних агрегатів	шт.	1
Температура модельного складу на вході в мазеприготувальний агрегат	°С	60
Температура модельної пасти на виході з установки	°С	53...55
Тиск модельної пасти розвинений пневмонасосом	кгс/см ²	6...10
Вміст повітря в модельному складі (регулюється)	%	0...20
Кількість насосно-нагрівальних станцій	шт.	2
Температура води, яка подається насосно-нагрівальною станцією	°С	45..85
Температура пари	°С	100...110
Тиск пари	кгс/см ²	1,1...1,4
Витрата стисненого повітря	м ³ /год	0,5
Витрата води	м ³ /год	1
Потужність нагрівачів насосно-нагрівальної станції	кВт	12
Загальна установлення потужність нагрівачів	кВт	24
Загальна установлена потужність установки	кВт	31,5
Габарит установки при розташуванні агрегатів в лінію (без розділювача суміші) – залежить від планування в цеху довжина ширина висота	мм мм мм	7600 2700 1850
Вага установки	кг	4200

В процесі приготування пастоподібної модельної суміші установка виконує наступні операції: розплавлення вихідних компонентів; приготування в шестеренній мішалці модельної пасти шляхом перемішування модельного складу з примусовим дозуванням повітря та охолодженням до потрібної температури; нагнітання пастоподібного модельного складу в автомат модельних ланок з заданим тиском та температурою; використання звороту з ванни витоПЛення.

Установка може працювати в лінії або на ділянці литва за моделями, що витоПлюються.

Головні вузли та їх призначення:

Блок ємкісний - для прийому розплавленої модельної суміші з агрегату плавильного тачасткового відстою її перед завантаженням шестеренної мішалки мазеприготувального агрегату.

Насосно-нагрівальна станція призначена для нагрівання модельної суміші та подачі води в магістраль.

Сумішепровід з'єднує агрегат плавильний з ємкісним баком.

Мазепровід - мазеприготувальний агрегат з автоматами модельних ланок. Мазеприготувальний агрегат призначений для перетворення рідкої модельної суміші в пастоподібну, для подачі її в мазепроводи до автоматів модельних ланок з визначеним тиском.

На рамі кріпляться збірник та мішалка з приводом. Мішалка уявляє собою 10 послідовно розташованих шестеренних насосів, причому кожна пара шестерень обертається в сторону протилежну попередній і таким чином забезпечує гарне перемішування.

Для приготування модельного складу треба відкрити подачу пара на змійовик плавильного агрегату, провести завантаження вихідних матеріалів згідно навіски.

Після розплавлення всіх компонентів і досягнення температури складу в плавильному агрегаті 90...100°C, при енергійному перемішуванні ручною мішалкою, влити наважку триетаноломіна.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Виготовлений модельний склад злити в нижній бак крізь сітку 0,16, залишивши в плавильному агрегаті 1/4 частину складу.

Далі т перекачати модельний склад з нижнього бака в ємкість бака. Температура модельного складу в ємкості бака повинна бути 100...120°C. Прогріти парою шестеренчасту мішалку. Перекрити подачу пари з одночасним ввімкненням мішалки на подачу модельного складу в бак-сбірник та подати охолоджуючу воду на мішалку через ротаметр.

Відрегулювати подачу води та маси таким чином, щоб на виході з шестеренчатої мішалки модельний склад мав пастоподібний стан. Температура складу повинна бути 58...64°C. Контроль температури модельної маси на виході в мазепровід контролюється встановленим в нього термометром.

Виготовлений модельний склад подається в обігрівачий мазепровід пневмонасосом. Обігрів мазепровода проводиться від нагрівальної станції. Температура води для обігріву мазепровода повинна бути в межах 58..64 °С. Тиск повітря в пневмоциліндрі насоса підтримується в межах 1,5...4,5 атм по манометру.

Розрахунок кількості установок для приготування модельного складу:

$$N_{mc} = M_c * K_n / \Phi_d * q, \text{ шт} \quad (4.3)$$

де, M_c – річна потреба в модельній суміші, кг

K_n - коефіцієнт нерівномірності споживання суміші;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, год

q - продуктивність устаткування л / год

$$N_{mc} = 42000 * 1.2 / 3680 * 30 = 0,45 \text{ шт.},$$

Приймаємо 1 установку.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Коефіцієнт завантаження - це той відсоток, який показує, на яку потужність працює обладнання. Коефіцієнт завантаження обладнання не повинен досягати 100%, тому що в таких умовах обладнання дуже швидко буде перегріватись та зношуватись, що економічно не вигідно.

Коефіцієнт завантаження визначаємо за формулою:

$$K_{\text{зав}} = P_p / P_{\text{пр}}, \% \quad (4.4)$$

де P_p – кількість обладнання, яке розраховали, шт.;

$P_{\text{пр}}$ – кількість обладнання, яку прийняли, шт.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження установок для приготування модельної маси:

$$K_z = 0,45 / 1 = 0,45$$

4.2 Устаткування для виготовлення моделей

Для того щоб обрати устаткування для виготовлення моделей виливка та моделей ЛЖС ми повинні дізнатися приблизну потребу у запресуваннях на годину, яка потрібна для виконання виробничої програми

$$q = \frac{N_{\text{зап}}}{\Phi_d}, \quad (4.5)$$

Де, q – продуктивність установки, зйомів/год

$N_{\text{зап}}$ – загальна кількість запресовок на виробничу програму, шт;

$N_{\text{зап}}=135275$ (Табл 4.3)

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, год

$$q = \frac{135275}{3680} = 37$$

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

За отриманими даними обираємо устаткування. Вважаю, що потреби виробничої програми найкраще задовільнить прес для виготовлення моделей «Saturn» .

Принцип роботи пресу полягає в наступному: через мазепровід який йде від установки мод.651 до форкамери пресу «Saturn» подається модельна маса у пастоподібному стані. Поступаючи до форкамери паста розігрівається за допомогою трубчатого нагрівача. В цей час модельниця встановлює на стіл пресформу. Важливо, щоб вісь шприца та вісь отвору у формі досконало співпадали. Коли маса досягає потрібної температури запресовки 65...75°C, відкривається вентиль та під тиском маса запресовується у заздалегідь встановлену пресформу. Витримується протягом 10-15 хвилин за участі спеціального охолоджуючого пристрою, висувається стіл, модельниця розбирає пресформу та дістає модель.

Технічні характеристики пресу наведені у таблиці 4.4

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Кількість запресовок на виробничу програму

№	Найменування випливи	Кількість випливи штна робочу програму	Кількість моделей у прес-формі шт	Кількість зйомів разів	Кількість зйомів з урахування м браку
1	Гайка зажимна	45830	10	4583	5041
2	Пластина опорна	22915	5	4583	5041
3	Стакан лабиринта	9166	6	1528	1680
4	Кронштейн вертикального вибротанчика	13749	3	4583	5041
5	Корпус клапана	45830	2	22915	25207
6	Кольцо форсуночное	18332	2	9166	10083
7	Клапан	45830	10	4583	5041
8	Штуцер	13749	3	4583	5041
9	Корпус клапана	18332	2	9166	10083
10	Штуцер	45830	10	4583	5041
11	Клапан	9166	2	4583	5041
12	Кольцо форсуночное	13749	3	4583	5041
13	Корпус клапана	22915	5	4583	5041
14	Втулка разборная	22915	5	4583	5041
15	Ось проміжної шестерні	27498	4	6875	7562
16	Заглушка	9166	4	2292	2521
17	Обойми підшипників	36664	8	4583	5041
18	Ніппель	45830	10	4583	5041
19	Перехідник	45830	4	11458	12603
20	Кожух солеменда	22915	5	4583	5041
					135275

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики пресу для виготовлення моделей «Saturn»

Найменування	Одиниці вимірювання	Числове значення
Об'єм маси форкамери	см ²	5650
Хід роботи гідроциліндра	мм	260
Робоча напруга у форкамері	В	220
Зусилля стиснутої пресформи	кг	1300
Температура всередині форкамери	°С	60...170
Відстань між столом та мундштуком форкамери	мм	460
Продуктивність запресовок/годину	шт	20
Габаритні розміри гідропресу		
Довжина	мм	985
Ширина	мм	800
Висота	мм	2120
Маса	кг	780

Розрахунок кількості пресів для виготовлення моделей «Saturn»:

$$N_{\text{п}} = N_{\text{зап}} \cdot K_{\text{н}} / \Phi_{\text{д}} \cdot q, \text{ шт} \quad (4.6)$$

де, $N_{\text{п}}$ – кількість пресів «Saturn»

$N_{\text{зап}}$ – загальна кількість запресовок на виробничу програму.

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності використання суміші;

$\Phi_{\text{д}}$ – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, год

q - продуктивність устаткування запресовок / год

$$N_{\text{мс}} = 135275 \cdot 1.2 / 3680 \cdot 20 = 3,21 \text{ шт.},$$

Приймаємо 4 преси.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Розраховуємо коефіцієнт завантаження пресів для виготовлення моделей:

$$K_3 = 3,21 / 4 = 0,8$$

4.3 Столи збірки

Столи збірки – призначенні для збору моделей виливки та моделей ЛЖС у блоки

Призначені для збору моделей у блоки за допомогою гарячих ножів. Над столами встановлені потужні витяжки та електричні печі в яких розігріваються ножі. Модельниця встановлює чашу зі стояком на спеціальну підставку та підбираючи ножі потрібної їй конфігурації та форми розплавляючи моделі прикріплює їх одна до одної. спочатку до стояка підкріплюється модель колектору, а потім модель живильнику разом із моделлю виливка.

Розраховуємо кількість столів для збірки блоків

$$N_{\text{стол}} = T_{\text{заг}} / \Phi_{\text{д}} * n, \text{ шт} \quad (4.7)$$

Де, $T_{\text{заг}}$ – норма часу на збирання блоків річної програми, год
 $\Phi_{\text{д}}$ – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, год
 n – кільк змін, шт.

Норма часу:

$$T_{\text{заг}} = (T_{\text{шт}} * N_{\text{б}}) / 60, \text{ год} \quad (4.8)$$

Де, $T_{\text{шт}}$ – норма часу на збирання 1 блоку, 15 хв.

$N_{\text{б}}$ – к-сть блоків на річну програму(таблиця 4.5), шт.

$$T_{\text{заг}} = (15 * 35966) / 60 = 4200, \text{ год.},$$

$$N_{\text{стол}} = 8991 / 3680 \cdot 1 = 2,44 \text{ шт},$$

Приймаємо 4 столи

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5 – Кількість блоків на річну програму

№	Найменування виливка	Кількість моделей	Кількість моделей у блоці	К-ть блоків
1	Гайка зажимна	45830	20	2292
2	Пластина опорна	22915	15	1528
3	Стакан лабиринта	9166	10	917
4	Кронштейн вертикального вибротанчика	13749	10	1375
5	Корпус клапана	45830	10	4583
6	Кольцо форсуночное	18332	10	1833
7	Клапан	45830	30	1528
8	Штуцер	13749	20	687
9	Корпус клапана	18332	10	1833
10	Штуцер	45830	30	1528
11	Клапан	9166	10	917
12	Кольцо форсуночное	13749	15	917
13	Корпус клапана	22915	10	2292
14	Втулка разборная	22915	20	1146
15	Ось проміжної шестерні	27498	10	2750
16	Заглушка	9166	10	917
17	Обойми підшибників	36664	20	1833
18	Ніппель	45830	20	2292
19	Перехідник	45830	14	3274
20	Кожух солеменда	22915	15	1528
				35966

Розраховуємо коефіцієнт завантаження столів збірки:

$$K_3 = 2,44 / 4 = 0,66$$

Також конструктивно приймаємо 1 бак для парафінування моделей чаш,
1 підвісний конвеєр , та 1 кранбалку.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА

5.1 Загальна характеристика литої деталі

«Перехідник» використовується в камерах згорання. Камера згорання є агрегатом двигуна, де відбувається згорання палива в потоці повітря, що підходить з компресора. В результаті газ, що утворився прямує в турбіну.

Масово-габаритні характеристики виливка:

- висота – 50мм
- діаметр - 63 мм
- переважна товщина стінки 3мм
- маса - 0.412кг

Даний виливок за складністю конфігурації відноситься до 2 групи – нескладні виливки відкритої коробчастої або циліндричної форми. В залежності від маси виливка відносимо його до 1 групи – дрібні виливки (до 100 кг), а відносно типу ливарного виробництва – до серійного.

«Перехідник» це деталь що працює в складних умовах. Він випробує великі напруження і викликає стомленість матеріалу. Температура нагріву виливки 400-750°C. Тому «Перехідник» виготовляють з високоякісних жаростійких сплавів на нікелевій основі. Він повинен мати високу стійкість проти окиснення і короблення. Також він повинен володіти високою жаростійкістю і жароміцністю. Тобто для виливки раціональним рішенням було б обрати сплав на основі нікелю.

					ФЛп71.7101.1110.0000			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Розроб	Омельяненко					Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір	Лук`яненко					у		
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71		
Затвердив								

5.2 Вибір сплаву та його характеристики

Хромонікелеві сплави поєднують високу жаростійкість з хорошою технологічністю (виготовлення стрічок і тонкого дроту), причому сплави з меншим вмістом хрому (15-20%) більш технологічні. Ці сплави більш жароміцні, ніж хромоалюмінієві, але на відміну від останніх містять дефіцитний і дорогий нікель.

Саме тому для виготовлення виливки «Перехідник», рекомендується використати сплав 10X18H9Л ГОСТ 977-88. Хімічний склад та механічні характеристики матеріалу наведені відповідно у таблиці 5.1 та 5.2

Таблиця 5.1 – Хімічний склад матеріалу 10X18H9Л. ГОСТ 977-88

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
до 0.14	0.2 - 1	1 - 2	8 - 11	до 0.03	до 0.035	17 - 20

Таблиця 5.2 – Механічні властивості матеріалу 10X18H9Л .

Сортамент	Розмір	σ_B	σ_T	δ	ψ	КС U	Термообробка
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
10X18H9Л	до 100	441	177	25	35	981	Гартування 1050-1100°C,

Конструкція литої деталі повинна забезпечувати високий рівень її службових (міцність, жорсткість, герметичність та інше) характеристик при заданій масі та точності конфігурації а також враховувати технологію її виготовлення, бути технологічною, тобто зручною для виготовлення та обробки.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Проаналізувавши даний виливок за критеріями такими, як: маса виливка, його габаритні розміри, конфігурація, товщина стінки, шорсткість поверхні, геометрична точність, вимоги до структури та властивостей литого металу, серійність виробництва, автоматизація та економія матеріальних, трудових та енергетичних затрат при мінімальному забрудненні навколишнього середовища, можна сказати наступне. З усіх відомих спеціальних способів лиття найбільш доцільно виготовляти виливок типу «Перехідник» за моделями, що витоплюються.

5.3 Сутність процесу лиття за моделями, що витоплюються

Лиття за моделями що витоплюються - це процес, в якому для отримання виливка застосовуються разові точні нероз'ємні керамічні оболонкові форми, отримані за разовими моделям з використанням рідких формувальних сумішей. Перед заливкою розплаву модель видаляється з форми виплавленням, випалюванням, розчиненням або випаровуванням. Для видалення залишків моделі і зміцнення форми її нагрівають до високих температур. Гартуванням форми перед заливанням досягається практично повне виключення її газотворності, поліпшується заповнюваність форми розплавом.

Метод лиття за моделями, що витоплюються, завдяки перевагам у порівнянні з іншими способами виготовлення виливок, одержав значне поширення в машинобудуванні та приладобудуванні. Промислове застосування цього методу забезпечує одержання з будь-яких ливарних сплавів складних за формою виливок, масою від декількох грамів до десятків кілограмів зі стінками, товщина яких іноді менша за 1 мм, з низькою шорсткістю і підвищеною точністю розмірів.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Зазначені можливості методу дозволяють максимально наблизити виливок до готової деталі, а в ряді випадків отримати литу деталь, додаткова обробка якої не потрібна. Внаслідок цього різко знижуються трудомісткість і вартість виготовлення виробів, зменшується витрата металу й інструмента, відбувається економія енергетичних ресурсів, скорочується потреба в робітниках високої кваліфікації, в устаткуванні, пристосуваннях, виробничих площах.

В литті за моделями, що витоплюються моделі виливків так як і моделі ЛЖС є одноразовими та виготовляються з легкоплавких модельних складів.

5.4 Вибір модельного складу

Модельний склад – це воскоподібний легкоплавкий сплав з температурою плавлення від 42° до 165° С. Основою більшості модельних складів є парафін. Для виготовлення моделей виливок спеціального призначення використовують модельні склади, виготовленні на основі природних та синтетичних вісків чи смол.

Фізичні властивості та параметри модельних складів:

1. Границя міцності при статичному згині при 18 °- 20° - визначає властивість моделей та модельних блоків протистояти руйнуванню під дією механічних навантажень

2. Теплостійкість – властивість виробу и модельного складу, при підвищених температурах, зберігати свою форму.

3. Пластичність – показник величині максимальної деформації зразка до його руйнування.

4. Вільна лінійна усадка – показник відносних змін лінійних розмірів моделі.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

5. Температурний інтервал пастоподібного стану – інтервал температур, в якому модельний склад знаходиться в пастоподібному стані, показник що визначає температуру запресовки модельного складу в пресформу.

6. Температура плавлення – температура переходу модельного складу з твердого в рідкий стан.

Хімічні властивості:

1. Кислотне число – Зазначає схильність складу до хімічної взаємодії з іншими речовинами протягом всього технологічного процесу.

2. Взаємодія с суспензією – показник хімічної активності модельного складу по відношенню до компонентів вогнетривкої оболонки

3. Зольність – відносна маса твердого залишку після сжигання наважки модельного складу.

4. Коксованість – визначає газоутворюючу здатність КО.Чим ця величина вища, тим вища вірогідність утворення у виливках газових раковин, недоливів.

Технологічні властивості:

1. Тривалість затвердіння та охолодження моделі у прес-формі.

2. Тривалість стабілізації розмірів моделі при охолодженні на повітрі.

3. Схильність до утворення утяжин в моделях

4. Вміст повітря в моделі

5. Вміст в модельному складі твердого наповнювача

6. Короблення

7. Текучість

8. Відтворення рельєфу робочої поверхні пресформи

9. Чистота поверхні

10. Змочуванність вогнетривкою суспензією.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Для задоволення усіх вищеперерахованих потреб прийнято рішення в якості модельного складу використати модельну масу марки КС-102. У таблицях 5.3 та 5.4 наведені характеристики модельної маси.

Таблиця 5.3 – Склад модельної маси

№	Матеріал	Вміст, %
1	Воск буровугільний сирий	35
2	Воск торф'яний сирий	35
3	Парафін марок В3, В4, В5	25
4	Триетаноламін марки А, В	5

Таблиця 5.4 – Властивості модельної композиції

Марка модельного складу	Показники					
	$\sigma_{\text{н}}$, МПа	$\alpha_{\text{м}}$, %	$t_{\text{т}}$, °С	M_3 , % (по масі)	$\Delta t_{\text{п}}$, °С	v , сСт
КС-102	>5.5	1.0-1.1	42	0.10	54-72	15

Після виготовлення моделей і збірки їх в блоки, наноситься вогнетривка оболонка.

5.5 Вибір матеріалів вогнетривкої оболонки

Головними компонентами вогнетривкої оболонки є кварц, електрокорунд, шамот. У якості зв'язуючих матеріалів оболонки використовують розчини виготовлені на основі дистенсиліманіта, етилсилікату.

Зв'язувальний компонент повинен володіти наступними властивостями:

- змочувати модель, не розчиняючи і не вступаючи в хімічну взаємодію з її компонентами;
- володіти певною підвищеною в'язкістю; склеювати зерна основи в процесі сушки оболонки при кімнатній температурі;
- утворювати вогнетривку, цементуючу основу оболонки, забезпечуючи міцність та жорсткість її при нагріванні до температури заливаемого розплаву в період заливки і затвердіння виливки.

Для виготовлення оболонки також використовують додаткові матеріали: розчинники, добавки, наповнювачі.

Добавки вводять у зв'язуючі розчини і суспензію для регулювання їх властивостей. Їх поділяють на добавки, що покращують властивості суспензії і на добавки, що покращують властивості оболонки.

Розчинники різних зв'язувальних компонентів можна використовувати у вигляді сумішей. Розчинники, як правило, містять воду, яку необхідно враховувати при розрахунку складу зв'язувальних компонентів.

Матеріали для наповнюючого шару поділяють на матеріали основи і зв'язуючі. В якості основи використовують кварцовий пісок. В якості зв'язувального компоненту використовують розчин гідролізованого етилсилікату.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Склад вихідних матеріалів для гідролізу:

- Етилсилікат- 40(ЕТС-40);
- Ефіро-альдегідна фракція (ЕАФ);
- Соляна кислота (НСІ);
- Вода дистильована;
- Спирт технічний.

Підготовка обсипного складу

Електрокорунд окремо по маркам і фракціям просушити в коробах. При візуальному виявленні пилу під час завантаження електрокорунду в короб для просушки перед прокачуванням направити в ливарну лабораторію пробу для визначення кількості дрібної фракції.

Підготовка суспензії

1) Для нанесення 1 – 3 шарів покриття користуються суспензією термін зберігання якої з моменту приготування до моменту використання повинен не перевищувати 24 год.

2) При наявності в суспензії комочків або включень суспензію профільтрувати через сито.

3) Температуру та в'язкість суспензії необхідно виміряти перед нанесенням кожного слою, температура повинна бути 20...25 С.

4) Перед нанесенням кожного шару суспензія повинна перемішуватись так, щоб наповнювач повністю знаходився в звісі: відстоювались для видалення бульбашок повітря від 5 до 10 хв., а потім знову перемішувати від 0,5 до 1 хв. для встановлення в'язкості.

В процесі нанесення покриття через кожні 10...15 блоків проводити 2...3 хв. перемішування суспензії з перевіркою в'язкості. Властивості вогнетривкої оболонки (ВО) наведені у таблиці 5.5

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 – Основні властивості матеріалу ВО

Основні властивості матеріалу ВО	Одиниці вимірювання	Значення
Вогнетривкість, не менш	°С	1600
Стійкість до дії рідкого металу виливки		Хімічна інертність
Усадка при відпалі, не більш	%	1
Відкрита пористість,	%	34 -37
Границя міцності при згині, при 20 ° 1400 ° 1500 °	МПа	3-8, 1.5-4.0
Температура початку деформації під навантаженням 0.2 МПа,	°С	1350-1450
ГЛР, (t= 20-1200 °С)	10 ⁶ 1/°С	6.5-8.5
Коефіцієнт теплопровідності при 1200 °С	Вт/(м*к)	1.7-2.1
Шорсткість поверхні (R _a).	мм	2-5
Спосіб видалення КО з поверхні залитого блоку	-	Механічні дії

Після повної просушки блоків, яка іноді досягає до 72 годин, форми підготовлюють до заливання, для цього їх відправляють до установки для витопки модельної маси. Оскільки установка є не прохідною, блоки встановлюють чашами донизу і під дією гарячої пари модельна маса витоплюється у піддоні.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

5.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

Ескіз виливка «Перехідник» зображено на рисунку 5.1

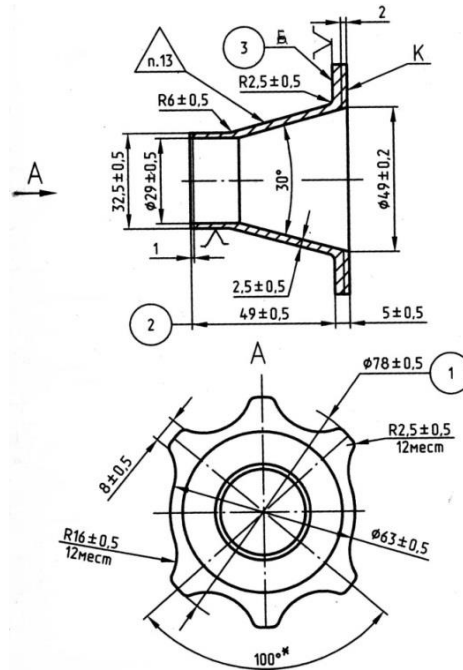


Рисунок 5.1 – Виливок «Перехідник»

ГОСТ25142-82 Шорсткість поверхні. На кресленні деталі повинні бути допуски на розміри (технічні характеристики).

До $d=50 \pm 0,05$

$d=51 - 100 \pm 0.075$

$d=101- 200 \pm 0.1$

понад $d=201 \pm 0,15$

Серійність виробництва – серійне

Найбільший габаритний розмір $d = 78$

$$A) \frac{\text{найменш}}{\text{найбільш}} = \frac{1,75}{78} = 0,022$$

Б) Номінальна маса виливки - 0,2 кг

Припуски на механічне оброблення обираємо за ГОСТ 26645-85, результати зведено то таблиці 5.6

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 - Розрахунок припусків на механічну обробку і допусків на вільні ливарні розміри

№	Наменування	Табличне значення	Обране значення
1	Клас розмірної точності виливки	6-10	6
2	Ступінь коробління елементів виливки	8-11	8
3	Ступінь точності поверхні виливки	6-11	6
4	Шорсткість поверхні	$\sqrt{Ra6.3}$	
5	Клас точності маси виливки	5т-11	5т
6	Ряд припусків на механічну обробку	1-4	2
7	Точність обробки та припусків виливки	Підвищенна	
8	Допуск розмірів виливки	0,44	0,44
9	Допуск форми та розташування елементів виливки	0,64	0,64
10	Допуск нерівностей поверхні виливки	0,16	0,16
11	Допуск маси виливки	4,0	4,0
12	Мінімальний ливарний припуск на сторону	0,2	0,2
13	Загальний допуск елементів виливки	0,44	0,44
14	Вид кінцевої механічної обробки	Чистовая	Чистовая
15	Вид кінцевої механічної обробки	Чистовая	Чистовая
16	Загальний припуск на сторону	0,8	0,8

Точність виливка 6-8-6-5т ГОСТ 26645-85

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

5.7 Розрахунок ливникової системи

Ливниковою системою називають канали ливарної форми, що слугують для заповнення її площі розплавом з певною швидкістю, а інколи для живлення металом твердіючої виливки. Система повинна забезпечувати: заповнення порожнини форми металом в оптимальний час, уловлення шлаків, економічність.

До елементів, що створюють ливникову систему відносяться: ливникова воронка (або чаша), стояк, колектор, живильник, іноді надливи та випари.

Крім зазначених у ливниковій системі можуть бути і інші сполучні канали.

В залежності від маси, габаритів, форми і товщині стінок виливки, складу і фізико – механічних властивостей розплаву, і процесу теплообміну, вибирається система, місце підводу розплаву крізь живильник і розраховуються перерізи елементів ЛЖС, тобто при конструюванні форми враховуються ливарні властивості.

За методом підводу металу і встановлення живильників; ливниково – живильні системи поділяють на три групи:

1 тип – метал підводиться в товсті частини виливок, живлення масивних вузлів виливок відбувається від стояка до колектора;

2 тип – метал підводиться в тонкі частини виливок, живлення масивних вузлів відбувається від масивних прибутків;

3 тип – комбінований, живлення масивних вузлів виливки відбуваються від стояка чи колектора, від місцевих прибутків.

Розрахунок ливникової системи проводимо за методом М.Л.Хенкіна.[3]

В основі методи покладено умову забезпечення надійного живлення виливків в процесі твердіння.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Ливникові системи першого типу отримали найбільше розповсюдження для виливок вагою менш ніж 1.5 кг зі сталі та мідних сплавів

Вихідними даними для визначення розмірів елементів ливникової системи є приведена товщина масиву виливка(вузла живлення) та вага виливка.

Для виготовлення виливка «Перехідник» обираємо 1 тип ливникової системи. За таблицею у підручнику Шкленніка Я.І.[3] Розрахунки наведено у таблиці 5.7

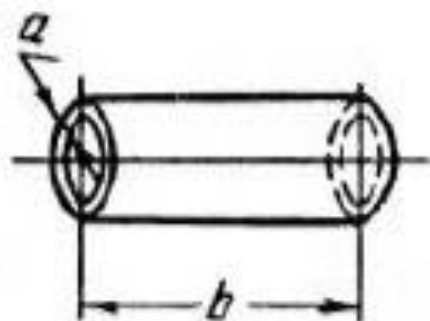


Рисунок 5.2 – Геометрична форма масивного вузла виливки

По прийнятій формі розраховуємо значення Z, за яким розраховуємо всі основні розміри ливарної системи.

$$Z = \frac{a \cdot b}{2(a+b)} \quad (5.1)$$

$$Z = \frac{14,5 \cdot 5}{2(14,5+5)} = 1,85$$

Таблиця 5.7 – Розрахунок ливникової системи

Назва	Значення	Одиниці вимірювання
Дчаші	104	мм
Нчаші	66	мм
Дст	16	мм
δ при l =4 мм	2,75	мм
δ при l =8 мм	3,5	мм

5.8 Розрахунок розмірів моделі та пресформи

Модель призначена для одержання в ливарних формах конфігурації, яка відповідає виготовляємій виливці.

Легкоплавкі моделі для лиття за моделями, що витоплюються виготовляються в прес-формах, внутрішня порожнина в яких заповнюється модельним складом.

Процес виготовлення моделі складається з операцій:

- підготовка прес – форми;
- встановлення стержня,
- запресовка модельної маси;
- охолодження моделі;
- видалення моделі з прес – форми.

Розміри моделі повинні бути більше розмірів виливки на розмір ливарної усадки. Тому для розрахунку розмірів моделі слід використовувати формулу:

$$a_{\text{мод}} = a_{\text{вил}} + \frac{a_{\text{вил}} \cdot y}{100}, \text{ мм} \quad (5.1)$$

де $a_{\text{мод}}$ - розмір моделі в, мм

$a_{\text{вил}}$ - розмір виливки, мм

y – ливарна усадка модельного складу

$$A_{\text{мод}} = 78 + \left(\frac{78 \cdot 0,8}{100}\right) = 78,624 \text{ мм}$$

$$A_{\text{мод}} = 63 + \left(\frac{63 \cdot 0,8}{100}\right) = 63,504 \text{ мм}$$

$$A_{\text{мод}} = 49 + \left(\frac{49 \cdot 0,8}{100}\right) = 49,392 \text{ мм}$$

$$A_{\text{мод}} = 32.5 + \left(\frac{32.5 \cdot 0,8}{100}\right) = 32.76 \text{ мм}$$

$$A_{\text{мод}} = 8 + \left(\frac{8 \cdot 0,8}{100}\right) = 8,064 \text{ мм}$$

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$A_{\text{мод}} = 5 + \left(\frac{5 \cdot 0,8}{100}\right) = 5,04 \text{ мм}$$

$$A_{\text{мод}} = 2,5 + \left(\frac{2,5 \cdot 0,8}{100}\right) = 2,52 \text{ мм}$$

При конструюванні прес-форм необхідно враховувати наступне:

- матеріал прес-форми повинен забезпечити її міцність, а моделям високу точність і малу шорсткість поверхні;
- прес-форма повинна мати мінімальне число роз'ємів;
- розташування внутрішніх частин прес-форми має бути таким, щоб моделі надійно, зручно і швидко витягали з прес-форми;
- необхідно забезпечити можливість вільного виходу повітря з порожнини прес-форми в момент заповнення її модельним складом;
- конструкція прес-форми повинна забезпечити міцність кріплення її частин.

Вибір типу прес-форм залежить від точності, що пред'являється до відливок, властивостей модельного складу і характеру виробництва. в залежності від складності виробів, що відливаються і їх числа прес-форми можуть бути виготовлені зі сталі, легкоплавких сплавів, гіпсу, пластмаси, і гуми.

Гіпсові прес-форми застосовують при художньому лиття. У машинобудуванні застосування гіпсових прес-форм доцільно при литві невеликої серії складних за формою деталей.

При виготовленні великих серій деталей застосовуються пластмасові прес-форми і прес-форми з легкоплавких сплавів методом заливки на еталон.

Гумові прес-форми дозволяють виготовити складні вироби, їх застосовують при виготовленні ювелірних виробів.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

У масовому і великосерійному виробництві застосовують складні сталеві або алюмінієві прес-форми, які дозволяють за одну операцію запресовки отримувати кілька моделей, з'єднаних ливниковою системою в єдину секцію.

За одержаними результатами розрахунків для цієї моделі вибираємо та розраховуємо модельну прес-форму .

Вибір типу прес – форми обумовлений в основному характером виробництва, а також потребами по точності розмірів і чистоти поверхні. При масовому виробництві слід використовувати сталеві прес – форми. В таких прес-формах отримують звено моделей з готовою частиною ливарної системи.

Прес-форму проектують на основі креслення виливки. Розміри залежать від складу матеріалів з яких виготовляють форму, виду виливки і температури заливає мого металу.

Як правило усадка модельної маси і металу більше ніж величина розширення оболонки. Для передчасного розрахунку можна прийняти величину усадок модельних складів оболонки на основі SiO₂ з етил силікатним зв'язуючим.

Розміри робочої порожнини прес-форми розраховуються за формулою:

$$l_{\text{пр}} = (l_{\text{ввл}} \pm 0,5a + \frac{k}{100} l_{\text{ввл}}) \pm a^{\pm}, \text{ мм} \quad (5.2)$$

де $l_{\text{ввл}}$ - розмір виливки по кресленню

a^{\pm} - допуск на виготовлення прес – форми, мм $a^{\pm} = (0,15-0,25) a$

k - коефіцієнт сумарної усадки моделі мінус усадка форми (оболонки) \pm усадка металу

a - допуск на розмір виливки

„+” – для внутрішніх розмірів „-” – для зовнішніх, мм

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$K = y_{\text{мод}} - y_{\text{ф}} \pm y_{\text{м}}, \text{ мм} \quad (5.3)$$

де $y_{\text{мод}}$ - усадка моделі, %

$y_{\text{ф}}$ - усадка форми, %

$y_{\text{м}}$ - усадка металу, %

Величини усадок значення приблизні $y_{\text{м}}=1,2\%$, $y_{\text{мод}}=0,8\%$, а отже з таблиці знаходимо $y_{\text{ф}}=2,5\%$

Розмір робочої порожнини прес-форми розраховується по формулі 5.2

$$L_{\text{пр}} = \left(49 - 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 49 \right) - 0.15 = 48,385 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(29 - 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 29 \right) - 0.15 = 28,485 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(78 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 78 \right) + 0.15 = 78,76 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(63 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 63 \right) + 0.15 = 63,685 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(49 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 49 \right) + 0.15 = 49,615 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(32 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 32 \right) + 0.15 = 32,53 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(8 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 8 \right) + 0.15 = 8,33 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(5 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 5 \right) + 0.15 = 5,345 \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = \left(2,5 + 0.5 * 0.44 - \frac{2.5}{100} * 2,5 \right) + 0.15 = 2,86 \text{ мм}$$

Ескіз пресформи наведено на рисунку 5.3

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

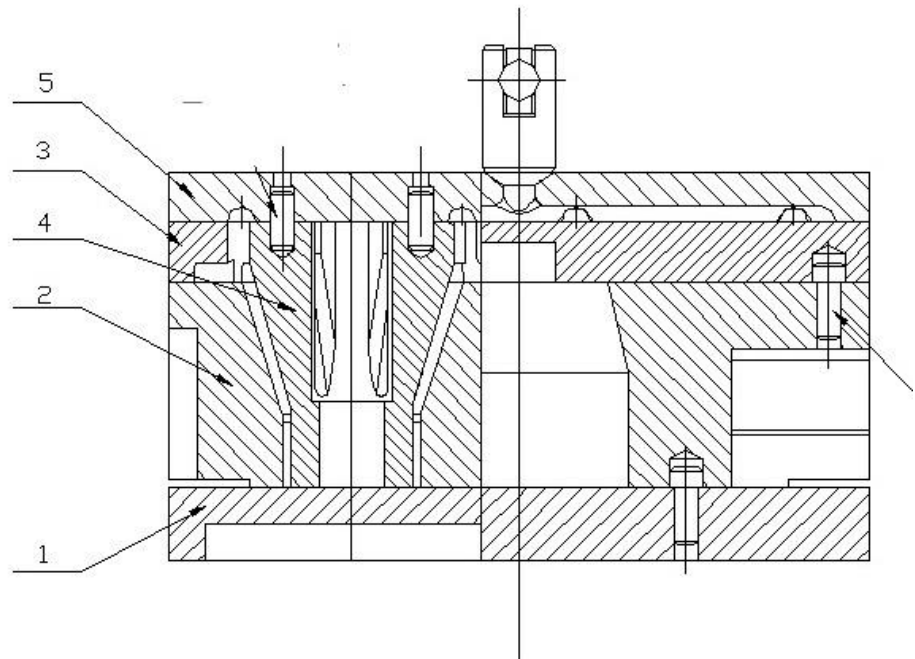


Рисунок 5.3 – Пресформа модельна:

1 – основа; 2 – матриця нижня; 3 – матриця верхня; 4 – стержень; 5 – кришка;

5.9 Шихтові матеріали та їх підготовка

Метали, сплави, спеціальні лігатури, шлакоутворюючі присадки, і інші матеріали, які використовують для приготування різних сплавів, в ливарному виробництві називають шихтовими матеріали або шихтою.

До складу шихти входять: свіжі матеріали (.Чавуни різних марок, сталі, мідь, алюміній, цинк, нікель і ін), які надходять в ливарні цехи з металургійних заводів; брухт чорних сплавів і лом кольорових сплавів, що представляють собою перероблені промислові вторинні відходи; спеціальні феросплави і лігатури (проміжні сплави) більш тугоплавкі елементи з легкоплавким, що надходять з металургійних заводів; відходи ливарного виробництва і механічних цехів (лвникові системи, надливи, браковані деталі і брикетована стружка). Кількісне співвідношення різних матеріалів в шихті залежить від якості вихідних матеріалів і від вимог, що пред'являються до виготовлення сплавів.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Найбільш дорогою частиною шихти є свіжі метали, сплави і лігатури, тому їх використовують в мінімальній кількості. Свіжі метали і сплави додаються в шихту для зниження загального вмісту шкідливих домішок, наявних у вторинних матеріалах і ливарних відходах. Залежно від типу печей і прийнятого технологічного процесу плавки шихтові матеріали проходять відповідну підготовку. Так сталевий брухт розріже ацетилено-кисневе полум'я, а дрібний і тонкий пресуються в пакети

Належна підготовка шихтових матеріалів прискорює процес плавки, підвищує продуктивність печей і покращує якість сплавів:

1. Підігрівання шихти для виведення вологи.
2. Зворот власного виробництва. Повинен бути підготовлений до необхідних розмірів, очищений від формувальної суміші, стружки. Зберігається в окремому місці.
3. Злитки сталі повинні бути перевірені та очищені від зайвих часток забруднення, щоб далі було менше шлаку при плавленні. Транспортування шихтових матеріалів відбувається на візках або електрокарах, частіше на візках.

Готові шихтові матеріали поміщаються в спеціальні бункера або засіки, звідки відбувається їх відбір для завантаження в плавильну піч

Для виготовлення виливки «Перехідник» шихту беремо у відношенні 50/50% (50 % чистих матеріалів) оскільки ми повинні отримати сталь дуже високої якості. Склад шихти наведено у таблиці 5.8

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8 – Склад шихти

Індекс позиції	Найменування матеріалів	Марка сплавів	
		10X18H9л	
1	Чушкова сталь	50	154,25
2	ЗВВ	50	154,25
Всього		100	308,5

5.10 Вибір плавильного агрегату

Плавлення сталі проводимо в індукційних печах (рис.5,4), характеристика якої наведена в табл. 5.9.

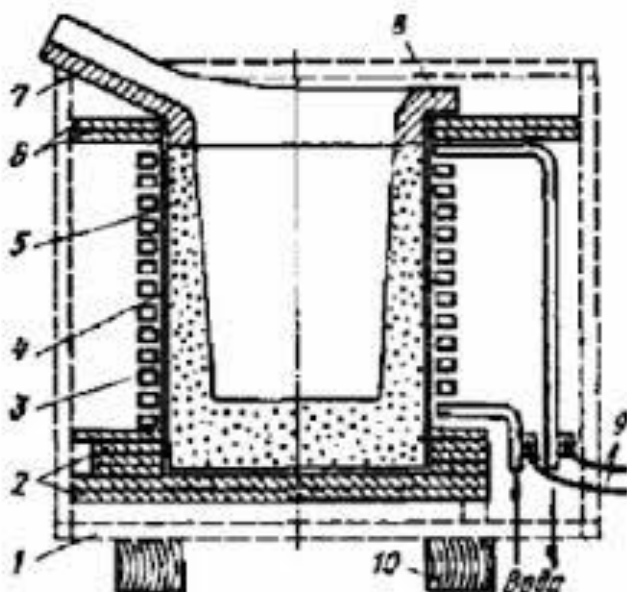


Рисунок 5.4 – Індукційна піч

Таблиця 5.9 – Характеристики печі ІСТ-1 [2]

Ємність, т	1
Швидкість розплавлення, т/год	1
Витрати охолоджуючої води, т/ год	11
Номінальна напруга мережі, В	380
Питома витрата електроенергії, кВт/ год./т	560
Потужність, кВт	630

Індукційні печі є найбільш зручними плавильними агрегатами для виплавлення, особливо в цехах спеціальних способів лиття. В індукційних печах можна виплавляти будь-який сплав, з будь-яким вмістом легувальних елементів та кількістю. Шихта при цьому може складатися із 100% легованих відходів або звороту власного виробництва. Плавлення проводять у печах з кислою футеровкою. Плавлення чавуну в індукційних печах здійснюють методом переплаву. Це вимагає підбору такої шихти, щоб після розплавлення метал був близьким до заданого хімічного складу. Холодні та в'язкі шлаки, що утворюються протягом плавлення шихти, захищають метал від газопоглинання та поверхневого окислення .

Технологічний процес плавлення

Приготування сталевого розплаву потрібно провести:

- нагрів печі;
- завантаження шихти у піч;
- витримування до розплаву шихти;
- окиснювальний період;
- відновлення сталі;
- випуск розплаву із печі.

Тривалість плавки біля 1,5 год.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

5.10.1 Розрахунок температури розплаву перед випусканням із печі

Температура заливання чавуну залежить від складу, товщини стінки і шляху заповнення форми металом за конфігурацією виливка. Рекомендована температура заливання 1580...1620°C. Для нашої плавки вибираємо 1590°C. При випуску розплаву з печі витрачається від 50 до 100 °C. При транспортуванні у ковшах від печі до форми втрачається біля 20°C за 1 хвилину. Середня тривалість 2 хвилини.

Враховуючи всі фактори втрати температур, температура випуску становить:

$$T_{\text{вип}} = 1590 + 70 + 20 \cdot 2 = 1700 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Перед заливанням форми встановлюються у контейнер наповнений металевим дробом.

5.11 Вибір технологій вибивання форм і фінішних операцій

Після повного охолодження контейнер встановлюється на вібраційну установку та металевий дріб руйнує вогнетривку оболонку, більш важкодоступні місця очищуються завдяки вилуговуванню.

5.12 Відокремлення елементів ливникової системи від виливків

Відокремлення ливникової системи від виливка проводиться за допомогою механічних інструментів. Використовується очисне обладнання для зачистки заливів та інших дефектів виливка: різальний інструмент, шліфувальний. Відокремлення заливів та інших нерівностей як на зовнішній так і на внутрішній поверхнях середніх та великих виливків, а також випробування дефектів для заварювання та відокремлення фальшивих ребер здійснюють пневматичними

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

рубальними молотками з зубилами. Останнім часом для обробування і зачищення виливків використовують повітряно-дугове різання. Для зачищення живильників, випорів і надливів використовують спеціальні установки, які забезпечені абразивними корундовими або карбокорундовими крутами. Просіки, гострі окрайки, залишки елементів ливникових систем на дрібних виливках зачищають на заточних шліфувальних верстатах.

5.13 Контроль виливків Основні дефекти

Від якості деталей залежить надійність роботи механізму, їх довгостроковість та рентабельність. У зв'язку з цим поруч з ребелним поопераційним контролем вихідних матеріалів, моделей, форм металу, необхідний контроль готових виливок, що здійснюється різними методами, з урахуванням призначення деталей та вимог до їх якості.

Вимоги, яким повинні відповідати деталі в процесі роботи, служать критерієм для контролю якості виливків точності розмірів, щільності, наявності внутрішніх ливарних дефектів, чистоти поверхні.

Залежно від вимог до якості виливків призначають методи їх контролю. Всі виливки по виплавляємим моделям поділяють на п'ять груп.

Група 1. Виливки, що працюють при максимальних для даного сплаву навантаженнях, поломка яких веде до аварії машини, пов'язаної з ризиком для здоров'я і життя людей. До цієї групи можна віднести, наприклад, литі турбінні лопатки авіаційних двигунів, деталі рульового управління і гальм автомобілів.

Група 2. Виливки, поломка яких веде до аварії машини, її зупинці, значного ремонту, але не загрожує здоров'ю та життю людей, наприклад, лопатки трубокомпресорів наземних двигунів внутрішнього згорання, клапани, штовхачі і деякі інші деталі, що рухаються.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Група 3. Виливки, при поломці яких потрібно замінити їх, наприклад важіль ручної підкачки бензину, важіль приводу акселератора автомобільного двигуна, литі кронштейни.

Група 4. Деталі, при поломці яких машина деякий час може працювати до планового ремонту або до зупинки в кінці зміни, наприклад кожухи, ненавантажені кронштейни.

Група 5. Виливки, відсутність яких погіршує тільки зовнішній вигляд, але не роботу машини, наприклад емблеми, декоративні деталі.

Групу контролю виливків визначає конструктор машини і записує в технічні умови креслення деталі, виходячи з яких, технологи спільно з працівниками технічного контролю призначають норми і розробляють методи контролю.

Кожну з виливок групи 1 контролюють з використанням загальних і спеціальних методів: візуально для визначення зовнішніх дефектів, на геометричні розміри, за хімічним складом, по механічним і спеціальним властивостям; виявляють внутрішні, а також невидимі неозброєним оком поверхневі дефекти.

Виливки групи 2 контролюють за розмірами і виявляють внутрішні та зовнішні дефекти. Від партії виливків однієї плавки перевіряють механічні властивості на зразках. У ряді випадків перевіряють спеціальні властивості.

Контроль виливків групи 3 включає перевірку геометричних розмірів і зовнішніх дефектів, а також перевірку хімічного складу сплаву кожної плавки. З механічних властивостей в деяких випадках перевіряють тільки твердість. Внутрішні дефекти в виливках цієї групи не контролюють.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

У виливків групи 4 контролюють точність геометричних розмірів і виявляють дефекти. Хімічний склад перевіряють від кожної плавки або від змінної (добової) партії плавок.

Виливки групи 5 перевіряють тільки за зовнішнім виглядом і вибірково (від 10 до 1%) - від геометричних розмірів. Хімічний склад виливків цієї групи перевіряють зазвичай 1 раз на добу і він є факультативним.

Таким чином, для виливків різного призначення норми і методи контролю різні.

Контроль хімічного складу.

В цеховій або заводській лабораторії перевірку складу сплава виконують методом хімічного та спектрального аналізу. Перевіряють основні елементи сплаву та кількість шкідливих домішок. Якщо хімічний склад шихти точно відомий то контроль хімічного складу проводять вибірково, наприклад кожної десятої плавки.

Хімічний аналіз дозволяє після розчинення деякої кількості перевіряемого сплаву виділити в чистому вигляді з'єднання окремих елементів сплаву і визначити їх процентний склад. Хімічний аналіз дає точне свідчення про склад елементів у сплаві, але займає багато часу.

Спектральний аналіз. Він оснований на розгляді спектра випромінювання при взаємодії дугового розряду на поверхню матеріалу. За спектром визначають якісний та кількісний склад сплаву.

Переваги спектрального аналізу перед хімічним є в швидкості, високій точності навіть при малій концентрації в сплаві елемента.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Зовнішній огляд виливки

Зовнішній огляд виливки виконують два рази. Перший (попередній) огляд роблять одразу після очищення виливки від вогнетривкої оболонки, що дозволяє виявити причини ливарних дефектів на поверхні та намітити міри усунення браку. Другий огляд проводять після очистки виливки від литників.

Чистоту поверхні виливки оцінюють візуально прирівнюють до еталону. Виливки, які мають дефекти, порівнюють з допустимими дефектами затверджуючими еталонами або описом в технічних умовах.

Контроль розмірів

Геометричні розміри перевіряють по ливарному кресленні на якому вказані тільки ті розміри, які потрібно перевірити в ливарному цеху.

Проводять два види контролю: періодичний контроль всіх розмірів виливки та постійний контроль колючихся розмірів. Всі розміри виливки перевіряють при освоєнні нової прес – форми, після її виготовлення і доводки. В цьому випадку всі виливки декілька партій вимірюють, результати порівнюють із розмірами на кресленні. Щоб отримати точні розміри ребер та стінок, виливки розрізають на частини. При тривалій роботі прес - форми розміри порожнини зношуються, тому періодично проводять контроль розмірів виливки.

Контроль механічних властивостей

Механічні властивості виливки характеризують твердість, опір розтягу.

Твердість виливки визначають після термічної обробки на ричажному пресі кулькою діаметром 10 мм при навантаженні не менше 10 кН. Міцність при розтязі перевіряють випробуванням зразків, які вирізані із готової виливки на розривних машинах. Цей метод часто використовують для виявлення слабких місць у виливках.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Контроль структури виливка

Структуру виливків перевіряють по макро- і мікроструктурі.

Макроструктура представляє собою зернистості сплава, його однорідності, наявності неметалічних включень. При вивченні макроструктури виявляють також пористість, тріщини у виливках. Макроструктуру виливок перевіряють на мікрошліфах мікроскопом із збільшенням в 60- 500 раз.

Виявлення тріщин. із всіх дефектів виливки важче всього виявити тріщини. В таких випадках використовують дефектоскопію. Виливку смазують спеціальною фарбою, яка проникає в самі дрібні тріщини потім цю фарбу зливають із поверхні і виливку фарбують другою фарбою (фоном), на який виступає із тріщини попередня фарба, яка точно показує де знаходиться тріщина, та якої вона довжини.

Тріщини виявляють за допомогою рентгенівського випромінювання, яке проходить через виливку, частково поглинається сплавом, частково пронизує його і частково відбивається багаточисленними поверхнями металічних кристалів.

Контроль герметичності

Герметичність виливок перевіряють водою, маслом, повітрям, які під тиском поступають в порожнину виливки і витримуються там деякий час. При перевірці рідиною про герметичність судять по виявленню рідини на зовнішній поверхні. При перевірці повітрям виливку поміщують у воду або обмазують милом. На місці витікання повітря з'являються пухирі.

Лабораторії займають велике значення в технологічному процесі будь-якої виливки. Лабораторний контроль виконуються майже після кожної операції в технологічному процесі, таким чином у виробництво не допускаються браковані деталі, та забезпечується максимальний запас праці виробу.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

При виготовленні виливок методом лиття по витоплюваним моделям використовують 3 основних види контролю: візуальний, люмінесцентний та рентгенівський.

Візуальний контроль - проводять після первинної зачистки виливок, що дозволяє більш точно визначити причину браку, при цьому проводять розбраковуку усієї партії виливок по зовнішнім дефектам, які видно не озброєним оком. Контролер рівняє знайдений дефект з допустимим. Виливки з дефектами, які перевищують допустимі, після обрубки ливникової системи бракують або відправляють на випробування. Забраковані виливки йдуть на доопрацювання або на переплав.

Люмінесцентний контроль - використовують майже для всіх металів та сплавів, в тому випадку, коли дефекти виходять на поверхню. Люмінесценція (флюоресценція) - властива рідина, яка поглинає хвилі. Виливку занурюють у ванну з даною рідиною на 1 – 2 хвилини.

Ця рідина потрапляє у тріщини та інші дефекти на глибині 10 – 20 мм. Та рідина, яка на поверхні змивається водою. Потім крізь виливку пропускають ультрафіолетові промені і там де знаходиться дефект або якась тріщина, там світиться рідина у цій тріщині.

Рентгенівський контроль – більш точний і ефективний контроль виливок. Сутність його полягає в пропусканні через виливку рентгенівських променів. На робочий стіл кладуть спеціальний папір (рентгенівська плівка), зверху кладуть виливку, потім через неї пропускають рентгенівські промені.

Вони від поверхні виливки відбиваються, а там де дефект вони проходять і залишають слід на папері у вигляді чорних точок. Довжина рентгенівських променів 0,31 - 0,0006 нм.

Контроль ультразвуком - реєстрація даного дефекту імпульсом ультразвукового генератора. За допомогою осцилографа можна визначити місця розміщення дефекту.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Дефекти виливок, методи їх попередження та усунення
Класифікація дефектів виливки.

Дефекти виливок з'являються через недопрацювання конструкції деталі або технології, а також через порушення технологічного процесу. Недопрацювання технології - найчастіша причина виникнення дефектів, тому потрібно обрати правильну технологію та випробувати її на партії виливок. Дефекти, які визнані порушенням технології, можуть з'явитися на виливках під час будь-якої операції, наприклад в результаті неакуратного виготовлення сплаву, при недотриманні температурного режиму в процесі лиття. Контроль за виконанням технології входить в обов'язки майстра та технолога.

Виливки можуть бути віднесені до умовного браку, коли вони мають відхилення, не впливаючі на роботу та погіршення роботи деталей. Таке лиття використовується на виробництві. Дефекти деяких виливок можна виправити.

Це так званий виправний брак, коли дефекти виливки можуть бути виправлені різноманітними методами та годні для використання.

Брак поділяється на внутрішній та зовнішній, в залежності від того, де він виявляється, внутрішній - виявлений в ливарному цеху, зовнішній - виявлений в механічному або інших цехах заводу. Найбільші втрати заводу приносить зовнішній брак, так як до вартості виливки добавляться вартість їх механічної обробки. Щоб прийняти необхідні міри по попередженню браку, слід правильно виявити причини дефектів.

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.10 - Дефекти виливок

1	2	3
Назва Дефекта	Причини утворення дефектів	Методи попередження утворення дефектів
1	2	3
1.Шорсткість поверхні	1.Недостатня чистота поверхні прес – форми.	Робочу поверхню прес – форм та еталонів для виготовлення литих прес – форм обробляють та полірують, треба прочищувати та продувати стислим повітрям порожнини прес – форм, для видалення залишків модельної маси, води, змазки.
2.Недостатня поверхнева міцність оболонки.	Відхилення від рецептів приготування гідролізуючого розчину.	Використовують рецепти гідролізу, які забезпечують підвищену міцність зв'язуючого та оптимальні співвідношення зв'язуючого з наповнювачем.
3 Ужимини.	Недостатнє живлення масивного вузла виливки, яка приводить до утворення усадочних раковин в середині вузла.	Покращити конструкцію виливки, змінити литникову систему. Підтримувати оптимальну температуру заливки. Литна воронка . стояк та прибутки повинні бути заповнені металом.
4. Жолоблення.	Нетехнологічність конструкції виливки; недостатня формостійкість. Неохайне зберігання моделей та блоків перед монтажем та фарбуванням. При вибивці та при термообробці.	Змінювати конструкцію виливок. Зберігання моделей та модельних блоків у охолоджувальних шафах – термостатах при постійній температурі. Рівномірно ущільнювати наповнювач. Прогрів до температури термообробки проводити повільно.
6.Відхилення розмірів.	Утворення тріщин у оболонці форми.	Закріплювати перший шар оболонки. Застосовувати модельний склад з малою в'язкістю.
7.Газові раковини	Підвищена газопроникненість ливарної форми. Неповне видалення з оболонки форми залишків модельного складу	Зберігання режиму прокалювання, забезпечити повне видалення з форми газотвірних складових. Прийняти найкращі методи для видалення моделей з оболонки.

6 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКОВАННЯ

Для виробництва моделей на модельній дільниці обрано напівавтоматичний прес «Saturn». Модельна маса до пресу поступає через мазепровід від устаткування для виготовлення модельної композиції. Основним вузлом пресу є гідравлічний циліндр, що забезпечує безпосередньо запресування модельної композиції у пресформу.

Гідравлічний циліндр відноситься до запресовочної системи, він необхідний для вприскування модельної маси в прес-форму.

Гідравлічний циліндр - це гідравлічний двигун із зворотно-поступальним рухом вихідної ланки. За характером сприйманих зовнішніх навантажень силові циліндри ділять на циліндри односторонньої і двосторонньої дії. У перших - рух поршня під дією тиску робочої рідини здійснюється в одному напрямку, у другому - в обох напрямках.

Гідроциліндри працюють в різних кліматичних умовах при раптово змінюючихся навантаженнях. Для захисту від потрапляння вологи і бруду передбачають подвійні зовнішні ущільнення з брудоз'ємними кільцями. Для запобігання ударів поршня об кришку циліндра в конструкції гідроциліндрів передбачають гальмівні пристрої.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко						
Перевір	Лук'яненко						
Н. Контр.							
Затвердив					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71		
					Літера	Аркуш	Аркушів
					у		

Основні елементи гідроциліндра:

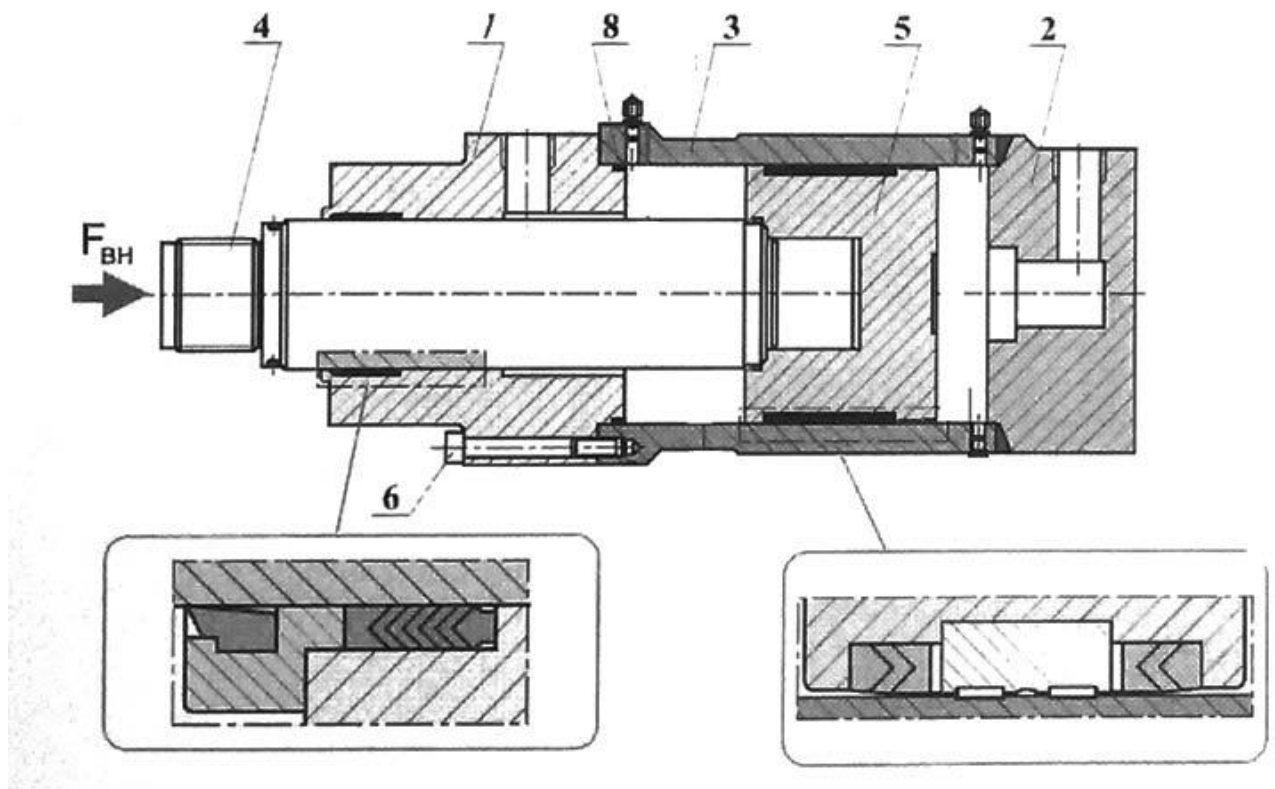


Рисунок 6.1- Основні елементи гідроциліндра.

На рисунку показані основні елементи гідроциліндра:

- 1 - передня кришка
- 2 - задня кришка
- 3 - гільза
- 4 - шток
- 5 - поршень
- 6 – кріпільне з'єднання

Основними параметрами поршневого гідроциліндра є: діаметри поршня D і штока d , робочий тиск P , і хід поршня S . Розглянемо поршковий гідроциліндр з одностороннім штоком. За основними параметрами можна визначити наступні залежності:

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1. Площа поршня в поршневій порожнині 1:

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4}, \text{ мм}^2 \dots\dots\dots(6.1)$$

де, D – діаметр поршня, см;

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 40^2}{4} = 1256 \text{ мм}^2$$

і в штоковій порожнині 2 відповідно:

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \text{ мм}^2 \dots\dots\dots(6.2)$$

де, d – діаметр штока, см;

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(40^2 - 20^2)}{4} = 942 \text{ мм}^2$$

2. Зусилля, що розвивається штоком гідроциліндра при його висуванні:

$$R_1 = F_1 \times P_1 \times k_{mp}, \text{ Н} \dots\dots\dots(6.3)$$

де, $k_{mp} = 0,9 \dots 0,98$ - коефіцієнт, що враховує втрати на тертя;

$$R_1 = F_1 \times P_1 \times k_{mp} = 1256 \times 1300 \times 0,9 = 146,59 \text{ Н}$$

і зусилля, що розвивається штоком гідроциліндра при його втягуванні:

$$R_2 = F_2 \times P_2 \times k_{mp}, \text{ Н} \dots\dots\dots(6.4)$$

де, $k_{mp} = 0,9 \dots 0,98$ - коефіцієнт, що враховує втрати на тертя;

$$R_2 = F_2 \times P_2 \times k_{mp} = 942 \times 1300 \times 0,9 = 110,3 \text{ Н}$$

Розрахунки на міцність

Розрахунками міцності визначають товщину стінок циліндра, товщину кришок (головок) циліндра, діаметр штока, діаметр шпильок або болтів для кріплення кришок. Залежно від співвідношення зовнішнього D_H і внутрішнього D діаметрів циліндри підрозділяють на товстостінні і тонкостінні. Товстостінними називають циліндри, у яких $D_H / D > 1,2$, а тонкостінними - циліндри, у яких $D_H / D \leq 1,2$. Основні та розрахункові параметри гідроциліндра наведені на рисунку 6.2

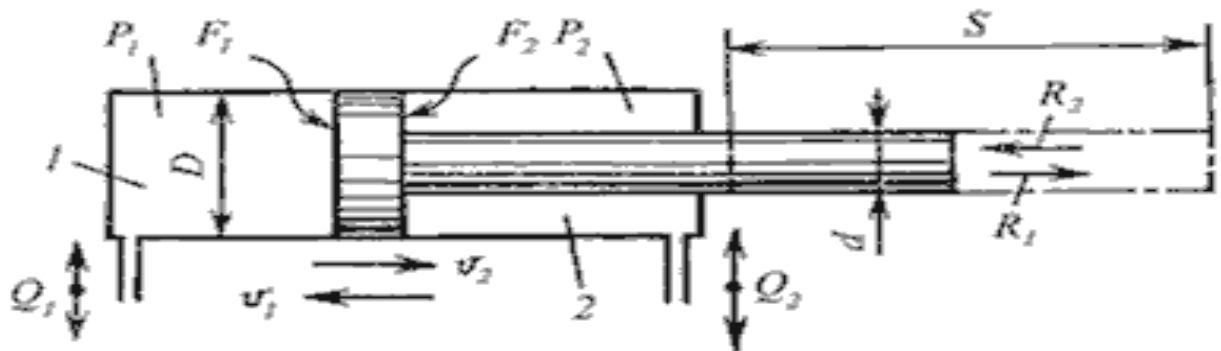


Рисунок 6.2- Основні та розрахункові параметри гідроциліндра

Товщину стінки одношарового товстостінного циліндра визначають за формулою:

$$\delta = \frac{D}{2} \left[\sqrt{\frac{[\sigma] + P_y(1 - 2\mu)}{[\sigma] - P_y(1 + \mu)}} \right], \text{ мм} \quad (6.5)$$

де, D – діаметр поршня, см;

P_y - умовний тиск, рівний (1,2...1,3) Па;

$[\sigma]$ - допустиме напруження на розтяг, Па (для чавуну $2,5 \times 10^7$, для високоміцного чавуну 4×10^7 , для сталевого лиття 9×10^7 , для легированої сталі 16×10^7 , для бронзи 4×10^7);

μ - коефіцієнт поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона), рівний для чавуну 0; для сталі 0,29; для алюмінієвих сплавів 0,26 ... 0,33; для латуні 0,35.

$$\delta = \frac{D}{2} \left[\sqrt{\frac{[\sigma] + P_y(1 - 2\mu)}{[\sigma] - P_y(1 + \mu)}} \right] = \frac{40}{2} \left[\sqrt{\frac{9 \times 10^7 + 1,25(1 - 2 \times 0,29)}{9 \times 10^7 - 1,25(1 + 0,29)}} \right] = 20,1 \text{ мм}$$

Товщину стінки тонкостінного циліндра визначають за формулою:

$$\delta = \frac{P_y D}{2,3[\sigma] - P_y}, \text{ мм} \quad (6.6)$$

де, D – діаметр поршня, см;

P_y - умовний тиск, рівний (1,2...1,3) Па;

$[\sigma]$ - допустиме напруження на розтяг, Па (для чавуну $2,5 \times 10^7$, для високоміцного чавуну 4×10^7 , для сталевого лиття 9×10^7 , для легованої сталі 16×10^7 , для бронзи 4×10^7);

$$\delta = \frac{P_y D}{2,3[\sigma] - P_y} = \frac{1,25 \times 40}{2,3 \times 9 \times 10^7 - 1,25} = 4,83 \text{ мм}$$

До визначеної за формулами товщині стінки циліндра додається припуск на обробку матеріалу. Для D = 30...180 мм припуск приймають рівним 0,5...1 мм.

Товщину кришки циліндра визначають за формулою:

$$\delta_k = 0,433 d_k \sqrt{\frac{P_y}{[\sigma]}}, \text{ мм} \quad (6.7)$$

де, d_k - діаметр кришки, мм;

P_y - умовний тиск, рівний (1,2...1,3) Па;

$[\sigma]$ - допустиме напруження на розтяг, Па (для чавуну $2,5 \times 10^7$, для високоміцного чавуну 4×10^7 , для сталевого лиття 9×10^7 , для легованої сталі 16×10^7 , для бронзи 4×10^7);

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$\delta_k = 0,433 d_k \sqrt{\frac{P_y}{[\sigma]}} = 0,433 \times 40 \times \sqrt{\frac{1,25}{9 \times 10^7}} = 8,6 \text{ мм}$$

Діаметр штока, що працює на розтягування:

$$d = \sqrt{\frac{4R}{\pi[\sigma_p]}}, \text{ мм} \quad (6.8)$$

де, $[\sigma_p]$ - допустима напруга на розтягування штока, МПа;

$$d = \sqrt{\frac{4R}{\pi[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \times 20}{\pi \times 9 \times 10^7}} = 15,3 \text{ мм}$$

Діаметр штока, що працює на стиснення:

$$d = D \sqrt{\frac{4R}{[\sigma_c]}}, \text{ мм} \quad (6.9)$$

де, $[\sigma_c]$ - допустима напруга на стиснення штока, МПа;

$$d = D \sqrt{\frac{4R}{[\sigma_c]}} = 40 \sqrt{\frac{4 \times 20}{9 \times 10^7}} = 37,7 \text{ мм}$$

Діаметр болтів для кріплення кришок циліндрів:

$$d_6 = D \sqrt{\frac{P}{1,2n[\sigma_p]}}, \text{ мм} \quad (6.10)$$

де, n - число болтів, шт.;

$[\sigma_c]$ - допустима напруга на стиснення штока, МПа;

P - робочий тиск рідини, Па.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$d_6 = D \sqrt{\frac{P}{1,2n[\sigma_p]}} = 40 \sqrt{\frac{1300}{1,2 \times 6 \times 9 \times 10^7}} = 5,6 \text{ мм}$$

Отже, проведення даних розрахунків дозволило визначити зусилля на штоку поршня циліндра при його всуванні та втягуванні, швидкість переміщення поршня та рушійну силу в гідроциліндрі, товщину стінки циліндра та товщину кришки циліндра.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

7 ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

7.1 Визначення капітальних вкладень у проект відділення виготовлення моделей цеху

Величина необхідних капітальних вкладень (у грн.) визначається методом розрахунку окремих елементів вкладень, за формулою:

$$K = K_0 + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}}, \quad (7.1)$$

де K_0 – капіталовкладення у необхідне обладнання;

$K_{\text{осн}}$ – капіталовкладення в оснащення;

$K_{\text{інв}}$ – капіталовкладення в інвентар;

$K_{\text{м}}$ – капіталовкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів.

Вкладення в устаткування (у грн.) розраховують за формулою:

$$K_o = K_T + K_o + K_e + K_{\text{уп}}, \quad (7.2)$$

де K_T – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

K_o – капіталовкладення оснастку та інструменти;

K_e – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{\text{уп}}$ – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення одиниць необхідного устатковування розраховують за допомогою наступної формули :

					ФЛп71.7101.1110.0000							
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата								
Розроб		Омельяненко								Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір		Лук`яненко								у		
Н. Контр.												
Затвердив					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71							

$$K = Ц \cdot (a_T + a_6 + a_M), \quad (7.3)$$

де Ц – договірна ціна одиниці технологічного устаткування, грн.;

a_T – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05...0,1);

a_6 – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

a_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

Розрахунок капітальних вкладень в устаткування плавильної дільниці наведений у таблиці 6.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок капіталовкладень в устаткування

Найменування устаткування	Кількість,	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Всього, грн.
2	3	4	5	6	7
Установка мод. 651	1	500000	500000	10 000	510000
Прес «Saturn»	4	380 000	1520000	5 000	1525000
Підвісний конвеєр	1	115000	115000	10000	125000
Електричні печі	4	5000	20000	1000	21000
Бак для парафінування	1	10000	100000	1000	11000
кранбалка	1	25000	25000	5000	30000
Всього					2222000

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 8 грн. на одиницю придатного литва (річна програма):

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (7.4)$$

де $n_{\text{заг}}$ – загальна кількість виливок на рік, шт.

Підставивши значення в формулу (8.4), отримуємо:

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot 458300 = 3666400 \text{ грн.}$$

Вартість виробничого та господарчого інвентарю приймаємо в розмірі 2% від вартості устаткування:

$$K_{\text{инв}} = 2222000 \cdot 0,02 = 44440 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в запаси матеріалів розраховують за формулою:

$$K_{\text{м}} = \sum M_i \cdot Ц_i \cdot K_i, \quad (7.5)$$

де M_i – середня кількість запасів матеріалів i -го типу, т;

$Ц_i$ – оптова ціна матеріалу i -го типу, грн.;

K_i – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання матеріалу i -го типу.

Розрахунок капітальних вкладень в запаси матеріалів сумішоприготувального відділення наведений у таблиці 6.2.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 7.2 – Визначення капітальних вкладень у запаси матеріалів

Найменування матеріалу	Кількість на 1 т литва, кг	Величина запасу, т	Планова ціна, грн./т	Вартість мінімального запасу, грн.
Моделйна композиція КС-102	5000	100	560	56000
Парафін	2000	30	350	10500
Всього				66500

Визначаємо кількість необхідних капіталовкладень у відділення:

$$K = 2222000 + 3666400 + 44440 + 66500 = 5999340 \text{ грн.}$$

7.2 Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату

Кількість основних працівників кожної з професій визначається із трудомісткості виробничих операцій, які здійснюються на дільниці, або по аналогії із діючим виробництвом. Чисельність основних робітників дільниці наведено у таблиці 8.3, а допоміжних у таблиці 8.4.

Витрати на заробітну плату робітників складаються з основної та додаткової заробітної плати з відрахуванням на соціальні потреби. Сума цих нарахувань складає 22,0% від загального річного фонду заробітної плати.

Загальний фонд заробітної плати робітників розраховується наступним чином: спочатку визначають основний і додатковий фонд заробітної плати.

Основний фонд заробітної плати за рік (у грн.) для відрядників за професіями і розрядами розраховується за формулою:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (7.6)$$

де N – число основних робітників даної професії та розряду, чол;

Φ – ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

C – годинна тарифна ставка, грн.

Розмір премії приймаємо 25...35% від фонду основної заробітної плати. Розмір додаткового фонду визначається як сума всіх перерахованих виплат. Загальний фонд заробітної плати розраховується як сума основного та додаткового фондів.

Результати розрахунків заробітної плати приведені у таблиці 8.3.

Таблиця 7.3 – Розрахунки заробітної плати

Найменування професії	Розряд	Годинна ставка, грн.	Чисельність робітників, осіб	Плановий фонд робочого часу	Фонд основної зарплати, грн.	Фонд додаткової заробітної плати, грн.	Загальний фонд заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8
Модельниця	4	42,5	8	1840	625600	156400	782000
Допоміжні робітники	3	38	4	1840	279680	69920	349600
Разом			12		905280		1131600

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу приведений у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Кількість, осіб	Місячний оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
1	2	3	4
Начальник відділення	1	16500	198000
Майстер зміни	2	15000	180000
Разом	3		378000

7.3 Визначення загальновиробничих витрат дільниці

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із вартості 1 кВт · год електроенергії, яка становить 1,82 грн / кВт · год.

$$C_e = 655480,16 \cdot 1,82 = 1192973,6 \text{ грн.}$$

Вартість води визначаємо з розрахунку:

11,20 грн. (без ПДВ) за 1 куб. м водопостачання;

7,96 грн. (без ПДВ) за 1 куб. м водовідведення;

:

$$C_v = 22,92 \cdot 11560 = 264955,2 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устатковування приймаються в розмірі 10% від його балансової вартості:

$$P_{\text{утр}} = 0,1 \cdot 2222000 = 222200 \text{ грн.}$$

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Витрати на ремонт оснастки та інвентарю складають 25% від їх вартості:

$$P_{p.осн.буд.} = 0,25 \cdot (38600 + 2000000) = 509650 \text{ грн.}$$

Величина транспортних витрат складає 60 грн. на 1 т придатного литва:

$$P_{тр} = 60 \cdot 145 = 8700 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на оснастку та інвентар визначають згідно норм і складають 24% від їх вартості:

$$A_{інв} = 0,24 \cdot (2000000 + 38600) = 489264 \text{ грн.}$$

Витрати на дослідження, експерименти та випробування приймаємо у розмірі 500 грн. на одного працівника:

$$P_{досл} = 500 \cdot 18 = 9000 \text{ грн.}$$

Витрати на винахідництво і раціоналізацію приймаються 250 грн. на одного працюючого:

$$P_{рац} = 250 \cdot 18 = 4500 \text{ грн.}$$

Витрати на охорону праці та техніку безпеки визначають з розрахунку 350 грн. на одного працюючого:

$$P_{охор} = 350 \cdot 18 = 6300 \text{ грн.}$$

Інші невраховані витрати можна вважати рівними 1% від загальної суми врахованих загальновиробничих витрат по ділянці:

$$P_{невр} = 0,01 \cdot 5206116,044 = 52061,16 \text{ грн.}$$

Усі розраховані параметри занесені до таблиці 7.5

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 7.5 – Визначення сукупних витрат сумішоприготувального відділення

Найменування статті витрат	Сума, тис. грн.
2	3
Заробітна плата	1131600
Відрахування на соціальні заходи	226320
Енергетичні витрати: 1 – електроенергія 3 – вода	1192973,6 264955,2
Допоміжні матеріали: 1 – матеріали для здійснення технологічного процесу 2 – матеріали для експлуатації устаткування 3 – матеріали для дільничних потреб	36500 30500 57000
Ремонт та утримання у робочому стані: 1–устаткування, 2– інвентарю та оснастки	222200 509650
Амортизація: 1– устаткування 2– оснастки та інвентарю	380000 252368
Транспортні витрати	8700
Витрати на дослідження, випробування	9000
Витрати а охорону праці	6300
Витрати на винахідництво та раціоналізацію	4500
Канцелярські витрати	10000
Інші витрати	52061
Всього	4332927,8

Розрахунки амортизаційних відрахувань на устатковування наведені у таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Розрахунок величини амортизаційних відрахувань устатковування

Індекс позиції	Найменування устатковування	Кількість	Ціна одиниці обладнання	Норма амортизаційних відрахувань, %	Амортизаційне відрахування на одиницю устатковування, грн.	Сума амортизаційних відрахувань, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	Установка мод. 651	1	500000	15	75000	75000
2	Прес «Saturn»	4	380 000	15	57000	228000
3	Підвісний конвеєр	1	115000	15	17250	17250
4	Електричні печі	4	5000	15	750	3000
5	Бак для парафінування	1	10000	15	1500	1500
6	Кранбалка	1	25000	15	3750	3750
Разом						328500

7.4 Розроблення планової калькуляції собівартості продукції

Таблиця 7.7 – Планова калькуляція собівартості на 1 т продукції сумішоприготувального відділення (формульованої та стрижневої суміші)

Найменування статей витрат	% компонента в суміші	Кількість на 1 т литва, кг	Планова ціна за 1 т, грн.	Вартість на 1 т, грн.
1	2	3	4	5
Модельна композиція КС-102	100	5000	560	2800
Парафін	10	2000	350	700
Разом				3500

7.5 Розрахунок продуктивності праці на дільниці

Продуктивність праці розраховуємо як відношення обсягів виробництва сумішей за рік до загальної чисельності персоналу дільниці:

$$ПП = Q / n,$$

де Q – кількість виготовлених сумішей за рік, т;

n – загальна чисельність персоналу дільниці, особа.

$$ПП = 135,275 / 8 = 16,9 \text{ т/особу}$$

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

7.6 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такий показник економічної ефективності як трудомісткість продукції:

$$t = \text{Ч}_{\text{осн}} \cdot \Phi_{\text{пл}}^{\text{пл}} / Q, \text{ нормо} \cdot \text{год} / \text{т}, \quad (7.7)$$

де $\text{Ч}_{\text{осн}}$ – чисельність основних робітників, осіб;

$\Phi_{\text{пл}}^{\text{пл}}$ – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

Підставивши необхідні значення в формулу (6.7), отримаємо:

$$t = 16 \cdot 1840 / 135,275 = 3,9 \text{ нормо} \cdot \text{год} / \text{т}.$$

Оскільки модельна композиція, що виготовляються спроектованим модельним відділенням, не є предметом торгівлі, а виготовляються самостійно кожним цехом для власних технологічних потреб, то в розрахунку періоду окупності даного відділення немає жодного практичного сенсу.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Перелік типових порівняльних техніко – економічних показників наведені у таблиці 7.8

Таблиця 7.8 – Основні техніко-економічні показники проекту.

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення показників
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції	т	145
2. Загальна площа ділянки	м ²	540
3. Виробнича площа ділянки	м ²	432
4. Загальна чисельність працюючих	осіб	18
5. Капіталомісткість продукції	грн./т	32850
6. Продуктивність праці	т/особу · рік	16,9

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Даний проект виконується на базі сталеливарного цеху моторобудівного заводу потужністю 145 т. на рік. Об'єктом проектування є відділення для виготовлення моделей.

8.1. Загальна характеристика умов праці на відділенні.

Параметри відділення наведені у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Параметри модельного відділення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	30000 мм×18000 мм×10800 мм; S=540м ² ; V=5832 м ³	-
2	Кількість працівників	1 зміна: 8 робітника та 1 майстер 2 зміна: 8 робітника та 1 майстер	18
3	Природне освітлення	Вікно розміщене на стелі відділення, 18000мм×2000мм	4
4	Штучне освітлення	Прожектор промисловий світлодіодний СДО 04-200 (SMD IP65 IEK)	24
5	Ворота	4000мм×2040мм	2

В таблиці 8.2 наведено оснащення та обладнання приміщення.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко					Літера	Аркуш
Перевір	Лук'яненко					у	
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71	
Затвердив							

Таблиця 8.2 – Специфікація обладнання приміщення

№	Найменування	Розміри (Д×Ш), м	Основні характеристики	Кількість	Позиція на кресленні
1	Установка для виготовлення модельної композиції мод. 651.	7.6×2.7×1.85	Устаткування для виготовлення модельної композиції	1	1
2	Гідравлічний прес «Saturn@	0.985×0.8×2.12	Прес для виготовлення моделі вилівка та моделі ЛС	4	2
3	Столи збірки	1×2	Збирання моделей ЛС та виливків у блоки	4	3
4	Бак з парафином	D=0.5	Нанесення парафіну на ливникову чашу	1	4
5	Конвеєр підвісний	(в залежності від дільниці)×0,45	-ливарний стрічковий конвеєр для транспортування суміші	1	7
6	Кран-балка	(за параметрами цеху)	-Транспортування вантажів	1	5
7	Стелаж	0,5 × 2	Зберігання пресформ та готових моделей	2	6

Схематичне зображення плану відділення наведено на рисунку 8.1

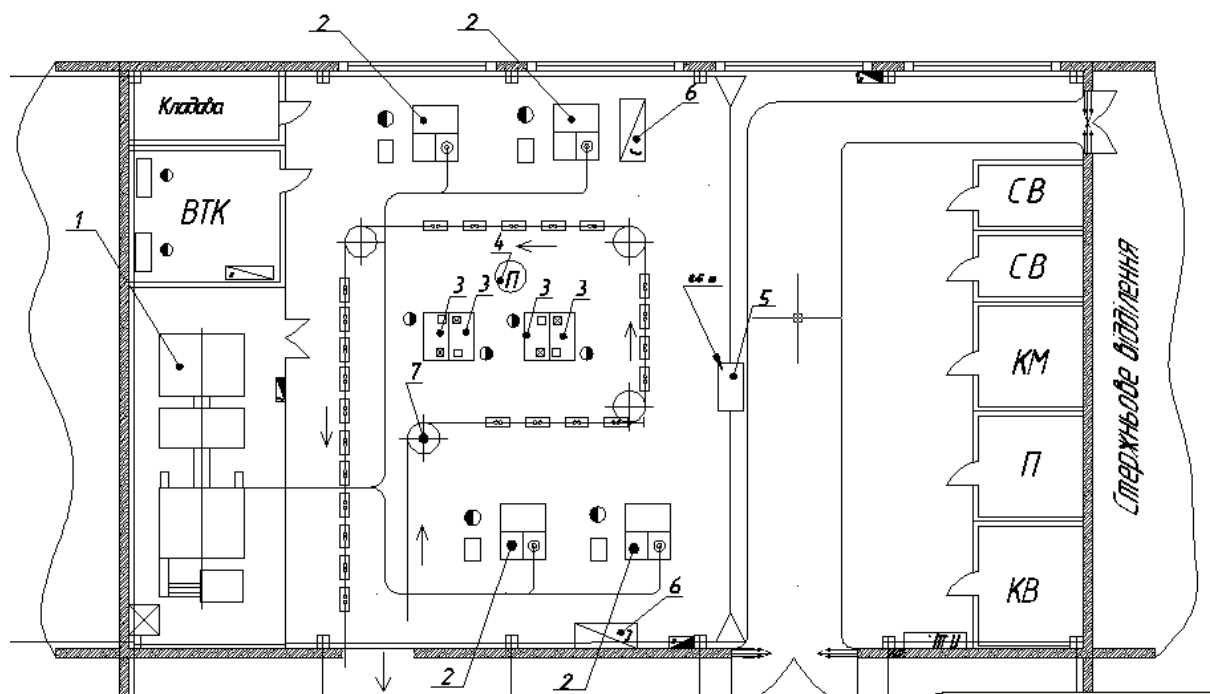


Рисунок 8.1 – Планування модельного відділення

Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання наведено в таблиці 8.33.

Таблиця 8.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	30 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого	324 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу	4 м	1,5 м

8.2 Ключові небезпечних та шкідливих виробничих фактори

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що дозволять виявити небезпеки та розробити заходи по покращенню (нормалізації) умов праці наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Технологічні процеси та шкідливі повз'язані з ними фактори

Види процесів	Шкідливі фактори		Небезпечні фактори			
	Шкідливі речовини (пари)	Шум	Електричний струм	Статичне навантаження на робітника	Механізми що рухаються	Механічні пошкодження кінцівок
Приготування композиції у установці	xx	xx	x	x	-	x
Транспортування вантажів кран-балкою	x	x	x	-	xx	x
Робота з електроприладами (преси, конвеєри,)	xx	x	xx	x	xx	x

8.3 Механічна небезпека

Основні фізичні небезпеки наведені в таблицях 8.5, 8.6, 8.7

Таблиця 8.5 – Джерела фізичних небезпек

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Кран-балка	Переміщувані вантажі	Удар вантажем	Травма робочих

Таблиця 8.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальна завантаженість крану, (т) [5]	15	8
2	Довжина прольоту, (м) [5]	18	Від 12 до 32

Таблиця 8.7 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Застосування попереджувального звукового сигналу перед початком роботи кранбалки	Сповіщення робочих про пересування вантажу
2.	Організаційні	Проведення навчань, інструктажів правил безпеки у відділенні	Ознайомлення робочих з правилами безпеки при роботі з устаткуванням
3.	Режимні	Обмеження допуску в робочі зони для тих, хто не пов'язаний з основним технологічним процесом	Захист від фізичних небезпек сторонніх осіб та робочих
4.	Експлуатаційні	Проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування	Забезпечення правильної роботи устаткування
5	ЗІЗ	Каска захисна НМ-6 [6]	Захист від травм голови

8.4 Вібрація та шум.

Основними джерелами шуму є установка для виготовлення модельної композиції та прес для виготовлення моделей. Основні шумові небезпеки, реальні та нормативні фактори, заходи забезпечення охорони праці наведені в таблицях 8.8, 8.9, 8.10.

Таблиця 8.8 – Основні шумові небезпеки

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Установка моделі 651	Модельна композиція	Шум при транспортуванні суміші по мазепроводу, та при пресуванні моделей	Порушення слуху
2	Прес «Saturn»			

Таблиця 8.9 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

Назва	Середньо-шумова характеристика в частотах від 63 до 8000 Гц, дБА	Нормативне значення, дБА
Установка мод 651.	86	100
Прес «Saturn»	55	80

Таблиця 8.10 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Звукоізолюючий кожух	Зменшення шуму устаткування
2.	Організаційні	Щорічне проведення медогляду	Контроль стану здоров'я робочих
3.	Режимні	Обмеження допуску в робочі зони для тих, хто не пов'язаний з основним технологічним процесом	Захист осіб, не пов'язаних з даним технологічним процесом
4.	Експлуатаційні	Обмеження тривалості впливу	Відсутність постійного впливу шуму на робочих
5	ЗІЗ	Противошумні навушники УАТО УТ-74621 [8]	Захист від інтенсивного шуму

					ФЛп71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

8.5. Електронебезпека

Основні фактори електричної небезпеки, реальні та нормативні фактори, заходи забезпечення охорони праці наведені в таблицях 8.11, 8.12, 8.13.

Таблиця 8.11 – Електричні фактори небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Установка мод. 651	Електродвигун	Пошкодження Електродвигуна, кабеля живлення.	Ураження струмом
2	Прес «Saturn»	Електродвигун	Пошкодження електродвигуна, кабеля живлення.	Ураження струмом
5	Конвеєр	Система проводів	Пошкодження блоку живлення, кабеля живлення	Ураження струмом

Таблиця 8.12 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№	Назва	Реальне значення	Нормативне значення,
1	Установка мод 651.	220/380В 200А	4 В / 0,25 мА
2	Прес «Saturn»	220/380 200А	4 В / 0,25 мА
3	конвеєр	380В 200А	4 В / 0,25 мА

Таблиця 8.13. Заходи з забезпечення електробезпеки

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	пристрій захисного відключення	пониження напруги
		стабілізатор напруги	стабілізація напруги
		Ізоляційне покриття	Ізолювання проводів та кожуха
2.	Організаційні заходи	інструкція з експлуатації КТ	навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
3.	Режимні заходи	недопущення появи сторонніх осіб в приміщенні КТ	захист від ураження електричним струмом
4.	Експлуатаційні заходи	технічний огляд та перевірка	уникнення поломок обладнання
5.	ЗІЗ	згідно посади користувача	індивідуальний захист

8.6 Хімічні джерела небезпеки

Основним джерелом хімічних небезпечних факторів є модельна композиція. Нормативні та реальні значення шкідливих факторів наведено в таблиці 8.15.

Таблиця 8.14 Основні шкідливі хімічні фактори, що створюються в процесі роботи установки

Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
Установка моделі 651	Пари	Випаровування елементів модельної композиції	Ураження легень

Таблиця 8.15. Реальні та нормативні фактори небезпеки, які створюються у процесі роботи.

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Випаровування модельної суміші	5 мг/м ³	0,8-7 мг/м ³

Заходи, що зменшать вплив хімічних небезпечних факторів наведено в таблиці 16.

Таблиця 16 Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	вентиляційна система з спеціальними фільтрами	видалення шкідливих речовин з повітря
2.	Організаційні заходи	мінімізація часу перебування біля змішувача	зменшення вдихання повітря з шкідливими речовинами
3.	Режимні заходи	недопущення появи сторонніх осіб біля змішувача	захист від шкідливих хімічних речовин
4.	ЗІЗ	Распіратор "Мікрон" FFP3 [3]	Захист органів дихання від парів модельної композиції

У даному розділі було розглянуто відділення виготовлення моделей, що розраховане на 18 робітників у 2 зміни, а саме 8 робітників на 1 зміну. З них: 4 робітника на пресі «Saturn», 4 робітника за модельними столами, 1 майстер.

Було здійснено аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях.

Приміщення відповідає всім нормам по шумоізоляції. Всі біологічні фактори, що потребує дана категорія робіт, дотримуються в повній мірі. Відділення містить всі необхідні засоби на випадок пожежі. Працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки. Для запобігання механічних пошкоджень використовуються засоби індивідуального захисту.

					ФЛП71.7107.1110.0000	Аркуш
Изм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розроблено технологію виготовлення виливка «Перехідник» із сталі 10Х18Н9Л(ГОСТ 977-88) методом лиття за моделями, що витоплюються, та на основі розрахунків спроектовано модельне відділення ливарного цеху. Проект можна рекомендувати для пттрансформації існуючого цеху або для проектування нового цеху із серійним типом виробництва.

Впровадження у модельному відділенні більшої кількості технологічного устаткування дає можливість застосовувати прогресивні технологічні процеси виготовлення виливків методом лиття за моделями, що витоплюються. Збільшена механізація ділянок трудомістких технологічних процесів, що підвищує продуктивність устаткування та продуктивність праці.

Технологію виготовлення виливка «Перехідник» методом литтям за моделями, що витоплюються, можна рекомендувати для виробництва аналогічних виливків зі сталі.

При розробці охорони праці запроваджено всі можливі заходи для забезпечення максимального захисту працівників від впливу будь яких зовнішніх небезпечних факторів.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко						
Перевір	Лук`яненко						
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71		
Н. Контр.							
Затвердив							

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шкленник Я.И. Литье по выплавляемым моделям (Инженерные монографии политейному производству).-М.:Машгиз,1961.- 455 с
2. Репях С.И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям.- Днепропетровск, Лира, 2006. - 1056 с.
3. Проектування ливарних цехів: підручн.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 1. – 588 с. – Бібліогр.: с. 582. – 100 пр.
4. В.Я. Сафронов Справочник по литейному оборудованию. М.: Машиностроение, 1985, – 320 с.
5. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.
6. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
7. Рыбальченко Н.А. Проектирование литейных цехов. - Харьковский государственный университет имени А.М. Горького, 1965. - 143 с.
8. Туманський Б.Ф. Проектування ливарних цехів. -К.: НМКВО, 1992. - 192 с.
9. Матвеев И.В., Тарский В.Л. Оборудование литейных цехов. Учебник для уч-ся средней, спец. учебных заведений, 2-е изд. перераб. и доп. -М.Машиностроение, 1985. - 400 с.

					ФЛп71.7101.1110.0000		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Розроб	Омельяненко					Літера	Аркуш
Перевір	Лук'яненко					у	Аркушів
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-п71	
Затвердив							